



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

AUTOMATIZACIÓN Y REHABILITACIÓN DE UNA CENTRIFUGADORA PARA PROCESO DE SEPARACIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO Y ÁCIDO ACETILSALICÍLICO PARA LA EMPRESA DAN QUÍMICA C.A.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN “ELECTRÓNICA Y CONTROL”**

CARLOS FABRICIO QUIMUÑA SUNTAXI

carlos.quimuna@epn.edu.ec

ANDRES ALEJANDRO SOLORZANO ZAMBRANO

andres.solorzano@epn.edu.ec

DIRECTOR: NELSON GONZALO SOTOMAYOR OROZCO, MSc.

nelson.sotomayor@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2018

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Fabricio Quimuña Suntaxi y Andrés Alejandro Solórzano Zambrano, bajo mi supervisión.

Nelson Gonzalo Sotomayor Orozco, MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Carlos Fabricio Quimuña Sntaxi y Andrés Alejandro Solórzano Zambrano, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Carlos Fabricio Quimuña Sntaxi

Andrés Alejandro Solórzano Zambrano

DEDICATORIA

A mis padres, Ramón y Lucía, por brindarme siempre lo mejor, dando todo su esfuerzo y sacrificio.

A mi familia por todo su apoyo y cariño condicional.

Andrés

DEDICATORIA

A mis padres, Genoveva y Estanislao que gracias a su esfuerzo y sacrificio me han impulsado a conseguir este objetivo. Por haberme inculcado buenos valores y encaminarme por el sendero correcto, muchos de mis logros en mi vida estudiantil, deportiva y profesional se los debo a ustedes. Con su actitud me motivaron siempre a lograr mis metas.

A mis abuelas Manuela y Juana por estar siempre pendientes de mí y cuidarme durante mi infancia.

A mis tíos Marcia y José por haberme brindado sus consejos, confianza y apoyo durante mi vida, los considero mis segundos padres.

A mis primos Diego, Marco, Roberto por estar siempre dispuestos a darme su ayuda y en especial a Darwin Vinicio por brindarme siempre su apoyo y buenos consejos. A Romel y Cesar, "Seguir es la que hay".

A toda mi familia que ha sido motivación para seguir siempre adelante.

Carlos

AGRADECIMIENTO

A mis Padres, Ramón y Lucía por ser los mejores, por haberme dado la oportunidad de tener educación e inculcarme buenos valores, y ser los gestores de que esto fuera posible.

A mis hermanas Lucía y Noor, por apoyarme y tolerarme durante este proceso, sé que siempre contare con ellas incondicionalmente.

A mi primo tito por ser un excelente ejemplo de hermano mayor y guiarme en mi crecimiento personal.

Agradezco a Johana y Marco por haberme acogido en mis inicios y haberme guiado desde el principio y preocuparse de mí bienestar.

A mis tíos Alberto y Eulalia por brindarme siempre su ayuda y apoyo incondicional.

A mi amigo José como lo planeamos desde el inicio, con la palabra mágica luchar hasta el final, lo logramos.

A mi amigo de infancia y de toda la vida Marcony que con su humildad y ganas de salir adelante me ha enseñado que todo es posible en esta vida.

A mi amigo y compañero de tesis Carlos, quien ha puesto todo su esfuerzo para la culminación de este proyecto, deseándole éxitos en su vida profesional.

A los hermanos que se crearon durante todo este proceso, Bryan, Colon, Ronny, Jeffo, Ariel, Héctor, Robinson, y no esta demás a mi grupo de amigos y colegas de la universidad “Albergas” y “Mcn’s” por todos los momentos pasados y su apoyo incondicional siempre, hicieron que las cosas marcharan de manera más sencilla.

Al Ing. Wanerges García por encaminarnos en este proyecto y ser participe que este se encamine y concluya de la mejor manera como fue planteado.

Al Ing. Jacot Cedeño por la apertura en la empresa Dan Química y al personal inmerso en ella, por su incondicional ayuda durante la ejecución de todo el proceso.

Al Ing. Nelson Sotomayor, por su guía y compromiso durante el desarrollo de este proyecto.

Por último, agradezco a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Escuela Politécnica Nacional, por haber sembrado en mi todo el conocimiento y formación para desenvolverme en mi vida profesional y decir con orgullo que soy politécnico.

Andrés

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional por haberme formado como profesional y demostrarme que con esfuerzo y dedicación se consiguen las metas.

A la familia Solórzano Zambrano por acogerme en su hogar y brindarme su confianza.

A mi amigo y compañero de tesis Andrés Alejandro, quien ha puesto todo su esfuerzo y dedicación para la culminación de este proyecto, deseándole éxitos en su vida profesional.

Un agradecimiento especial para el Ing. Nelson Sotomayor, por su guía y compromiso durante el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Wanerges García por encaminarnos en este proyecto y ser partícipe de que este se concluya de la mejor manera.

Al Ing. Jacot Cedeño por la apertura en la empresa Dan Química y al personal que la conforma, por su incondicional ayuda durante la ejecución del proyecto.

A mis compañeros Andrés Alejandro, Christian Andrés, Andrés Darío, José, Luis, Ariel, Héctor, Julio, Orlando, Felipe Jr., Saúl, Sebastián, Jonathan los “Alvergas”. Andrés Vinicio, Bryan, Colon, Ronny, Jefferson los “Mcn’s”. Marcelo, María José, Andrea y Sara. Por brindarme su amistad y haber hecho de la universidad mi segunda casa. “La unión hace la fuerza”.

A los compañeros de las empresas “TALLERES J.LL.” y “RODACAR” por contribuir con mi formación profesional.

A los que formamos parte del equipo de ciclismo “RUK-2” en especial a Alexander, Andrés, Diego y Edwin, con coraje se llega a la meta.

Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Alcance	2
1.3 Marco Teórico	3
2. METODOLOGÍA.....	33
2.1 Rehabilitación o reposición de los elementos y equipos de la centrifuga	33
2.2 Construcción del tablero de control.....	60
2.3 Desarrollo del sistema de control	71
2.4 Desarrollo del HMI.....	98
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	106
3.1 Rehabilitación de la parte exterior de la centrifugadora	106
3.2 Medición de velocidad con el tacogenerador	109
3.3 Medición de nivel con el sensor ultrasónico	111
3.4 Ajuste del setpoint del switch de vibración	112
3.5 Funcionamiento de la tapa	113
3.6 Funcionamiento del rascador.....	114
3.7 Líneas de carga de ácido acetilsalicílico y ácido acético.....	117
3.8 Alarmas y fallos.....	119
3.9 Tiempos de producción	122
3.10 Funcionamiento de la centrifuga	122
3.11 Producto obtenido.....	123
3.12 Costo del proyecto	129
4. CONCLUSIONES	133
4.1 Conclusiones.....	133
4.2 Recomendaciones.....	134
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

6. ANEXOS.....	139
ANEXO I. MANUAL DE USUARIO.....	140
ANEXO II. PLANOS DE LA CENTRIFUGADORA	154
ANEXO III. DISPOSITIVOS Y EQUIPOS	155
ANEXO IV. ORDEN DE EMPASTADO	167

RESUMEN

Palabras clave: Ácido Acetilsalicílico, Ácido Acético, Interfaz, Proceso, Control

Dan Química C. A. es una empresa dedicada a la elaboración y exportación de ácido acetilsalicílico. La vinculación empresa-universidad busca fortalecer en los estudiantes sus conocimientos teóricos adquiridos en su carrera universitaria, trabajando conjuntamente en prototipos de procesos industriales en los cuales aplicarán sus teorías con el objetivo de crear aplicaciones prácticas.

El proyecto citado a continuación trata de la rehabilitación del proceso de centrifugación para la separación de ácido acetilsalicílico y ácido acético para la empresa Dan Química C.A. El desarrollo del proyecto inicia con la verificación del estado actual de la centrifugadora, determinando los parámetros necesarios para la rehabilitación, se diseña un nuevo tablero de control y fuerza para cumplir con las prestaciones del proceso, adicionalmente se rehabilita el sistema hidráulico encargado de generar la fuerza motriz que permite girar la canasta de la centrifuga. También se diseña una interfaz de usuario en un touch panel en el cual se puede ingresar parámetros de configuración que comandarán al sistema, esto permitirá que la supervisión y control del proceso sea más accesible y amigable con el operador.

Realizando las pruebas necesarias, con los resultados obtenidos se cumplió con los objetivos planteados.

ABSTRACT

Keywords: Acetylsalicylic acid, acetic acid, interface, process, control

Dan Química C. A. is a company dedicated to the manufacture and export of acetylsalicylic acid. The company-university link seeks to build in the students their theoretical knowledge acquired in their university career, working together in prototypes of industrial processes in which they will apply their theories in order to create practical applications.

The project cited below talks about the rehabilitation of the centrifugation process for the separation of acetylsalicylic acid and acetic acid for the company Dan Química C.A. The development of the project begins with the verification of the actual state of the centrifuge, determining the necessary parameters for the rehabilitation, a new control panel and force are designed to fulfill the benefits of the process, in addition, the hydraulic system responsible for generating the motive force that allows turning the basket of the centrifuge is rehabilitated. A user interface is also designed in a touch panel in which you can enter configuration parameters that will command the system, this will allow the supervision and control of the process to be more accessible and friendly with the operator.

Carrying out the necessary tests, with the results obtained, the objectives were fulfilled.

1. INTRODUCCIÓN

La Empresa DAN QUÍMICA C.A. ubicada en Montecristi-Manabí, fue establecida con el financiamiento de organizaciones de Suecia y Dinamarca como un proyecto de ayuda para la industrialización de países en vías de desarrollo. El objetivo inicial fue el de abastecer de ácido salicílico y ácido acetilsalicílico a los países del Grupo Andino. Es una industria Certificada bajo el SISTEMA GMP (Good Manufacturing Practices). Sus productos cumplen los requisitos de la Farmacopea de los Estados Unidos USP y la Farmacopea Británica B.P [1].

Dentro del proceso de elaboración de estos productos, las centrifugadoras cumplen un papel muy importante, ya que se las usa para separar el Ácido Acetilsalicílico (masa) del líquido madre (Ácido Acético y residuos de Ácido Acetilsalicílico) [2], adicionando las etapas de lavado y secado del producto ya en forma de cristal.

Actualmente una de las centrifugadoras no se encuentra en operación. Existe deterioro del tablero principal de control, el cual consta de un sistema de control basado principalmente en relés, timers y contactores. Su mantenimiento ha llegado a ser complicado, debido a que varios elementos ya no se encuentran disponibles en el mercado por su antigüedad, haciendo que en la empresa DAN QUÍMICA C. A. la producción de base de aspirina no sea la deseada.

Por lo expuesto se busca poner en funcionamiento la centrifugadora con el objetivo de incrementar la producción y además procesar otro tipo de sustancias químicas, por esta razón, el presente proyecto presenta la oportunidad de trabajar con la centrifugadora, para rehabilitar y automatizar el proceso de obtención de Ácido Salicílico y Acetilsalicílico.

1.1 Objetivos

Objetivo general

Automatizar y rehabilitar una centrifugadora para proceso de separación de Ácido Acético y Ácido Acetilsalicílico para la empresa DAN QUIMICA C.A.

Objetivos específicos

- Realizar una valoración del estado actual de la centrifugadora para determinar si los elementos y equipos se encuentran en condiciones de operación.
- Rehabilitar o reponer los elementos y equipos que se encuentren averiados.

- Diseñar e Implementar un sistema de control, que permita la operación automática y manual del proceso de centrifugación.
- Diseñar e Implementar una interfaz de usuario mediante un touch panel para el control y supervisión del proceso.
- Realizar las pruebas necesarias para validar el funcionamiento del sistema implementado.

1.2 Alcance

- Valorar la estructura externa e interna de la centrifugadora, cuya capacidad nominal de carga es de 50 a 1200 litros, para establecer los requerimientos de rehabilitación, reposición o reemplazo.
- Realizar una revisión bibliográfica del proceso de centrifugación, para separar sólidos presentes en una fase fluida, y los diferentes tipos de centrífugas, que podrían ayudar a comprender el proceso de obtención de Ácido Acetilsalicílico y poder implementar el sistema de control a la centrifugadora.
- Rehabilitar o reponer los elementos y equipos que se encuentren averiados, retirar el óxido de las piezas constitutivas, remplazo de tuberías averiadas y recubrimiento de pintura. Se exceptuará los suministros y demás elementos que no formen parte de la planta.
- Diseñar e implementar un sistema de control con mando automático y manual usando un PLC. A través del mando automático el proceso constituido por las etapas de carga de Ácido Acético, lavado del Ácido Acético, centrifugado, secado, descarga de Ácido Acetilsalicílico y lavado de la canasta, se realizará en forma continua, por tiempos previamente establecidos al inicio del proceso por un operador. También se controlará de forma automática la variación de velocidad de la canasta, ya que en la etapa de secado es necesario un incremento de velocidad. Se tomará en cuenta que, en caso de no terminar con el proceso, por vibración excesiva, corte de energía o al haber accionado el paro de emergencia, se desechará el producto contenido en la centrifuga de forma automática al restablecerse el sistema, dando lugar a la inicialización de un nuevo proceso. Con el mando manual se podrá realizar las mismas etapas mencionadas en el proceso automático, pero en forma discontinua y a conveniencia del operador.

- Diseñar e implementar el tablero de control dimensionando las protecciones y calibre de conductor necesario para el manejo de los elementos de control y potencia que requiere la planta. Implementar el tablero de acuerdo al diseño realizado.
- Desarrollar una interfaz de usuario en un touch panel que permitirá la supervisión y control del proceso, visualización de las variables nivel de Ácido Acético (líquido), posición del raspador para la descarga del Ácido Acetilsalicílico (masa), activación del sensor de vibración y velocidad de giro de la centrifugadora. Además, se ingresarán los tiempos de las etapas de carga, lavado, centrifugado y secado.
- Realizar pruebas de verificación del funcionamiento del proceso, el cual inicia con la carga del Ácido Acético en estado líquido, lavado, centrifugado, secado y lavado de la canasta. Obteniendo como producto final Ácido Acetilsalicílico, componente en estado sólido, al cual se le realizará la valoración mediante análisis químico en el laboratorio de la empresa.

1.3 Marco Teórico

DAN QUIMICA C.A. fabrica diferentes productos químicos, entre los cuales están la materia prima para la elaboración de aspirina. La cercanía, al puerto marítimo de Manta genera un interés en los clientes, ya que disminuyen los costos de movilización hacia el exterior. Sus principales clientes son farmacéuticas ubicadas en Canadá, Brasil y México [1].

La empresa posee una mayor demanda de producción de Ácido Acetilsalicílico el cual popularmente es conocido como Aspirina, cuya fórmula estructural se indica en la Figura 1.1. La planta está equipada para producir 720 toneladas/año de Ácido Acetilsalicílico.

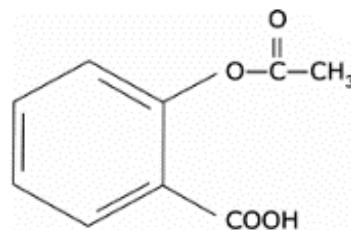


Figura 1.1. Fórmula Estructural Aspirina $C_9H_9O_9$ [2].

Su principal uso, es como medicamento para la inflamación, dolor, fiebre, pero también ayuda a tratar enfermedades como la fiebre reumática, prevenir ataques cardiacos, disminuir riesgos de padecer cáncer [3].

Métodos de Separación de Mezclas

Son procesos fisicoquímicos donde es necesario separar componentes de una mezcla en partes individuales, estos se encuentran en diferentes composiciones, tamaños y estados. Cuando se somete la mezcla a un tratamiento se consigue separar está en dos o más sustancias diferentes [4].

Para cada tipo de mezclas existe el procedimiento adecuado, teniendo en cuenta propiedades físicas como son la densidad, solubilidad, puntos de fusión o ebullición etc.

Existen dos métodos de separación de mezclas:

Separación por Difusión

Se basan en la transferencia de una fase homogénea a otra, usando diferencias de presión de vapor o de solubilidad. La fuerza que genera esta transferencia es un gradiente de concentración, de forma similar a un gradiente de temperatura [4].

Esta separación puede ser por:

- Destilación: Separación de un líquido mediante vaporización
- Deshumidificación: Separación de una mezcla a través de condensación.
- Cristalización: Separación en cristales con más pureza mediante una solución líquida.

Separación Mecánica

En la separación mecánica, se contienen dos fases, como son sólidos suspendidos en líquido, partículas sólidas en gas, o dos fluidos inmiscibles. Para separar una fase de la otra se aprovechan las diferencias de tamaño y densidad. Aplicado a mezclas heterogéneas, entre diferentes tipos de partículas, estas pueden ser [4]:

- Tamizado: Separación de partículas basados en la diferencia de tamaño.
- Filtración: Separación de partículas sólidas inmersas en un fluido.
- Sedimentación: Separación de sólidos inmersos en gases y líquidos por acción de la gravedad.
- Centrifugación: Separación de sólidos de líquidos mediante un movimiento giratorio.

Centrifugadora

Una centrifugadora es una máquina mecánica que separa sustancias de diferentes estados, de manera general un líquido y un sólido, pueden usarse para separar rápidamente sustancias mediante una fuerza superior a la gravedad (Figura 1.2).



Figura 1.2. Efecto de la Centrifugación [5].

Principio de Funcionamiento

Si un objeto gira a gran velocidad en torno a un punto con una distancia radial constante, está regido a la acción de la fuerza centrípeta, esta se produce por aceleración centrípeta dando un cambio de dirección constante del objeto aun cuando la velocidad es constante. Si el objeto es un recipiente cilíndrico, se ejerce una fuerza igual y opuesta en su contenido, la que va en dirección hacia las paredes del recipiente, a esta fuerza se la denomina fuerza centrífuga [6].

Fuerza Centrífuga

Cuando un cuerpo se somete a un movimiento con una trayectoria circular de radio "R", con una velocidad angular "W", experimenta una fuerza que tiende a alejar el cuerpo del centro de giro, a esta fuerza se denomina fuerza centrífuga, como se aprecia en la Figura 1.3. [6].

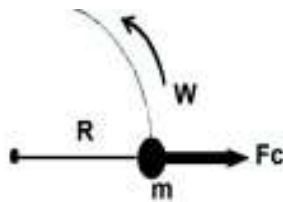


Figura 1.3. Fuerza Centrífuga [6].

Separación Líquido-Sólido mediante Centrifugación

En la separación de líquidos y sólidos mediante centrifugación, la fuerza centrífuga provoca la filtración de un líquido en una masa de sólidos en un recipiente perforado en rotación, o la sedimentación de partículas sólidas pesadas a través de una capa de líquido [6].

Puede separarse de dos maneras:

- Filtración Centrífuga.
- Sedimentación Centrífuga.

Filtración Centrífuga

Es la retención de partículas en un medio filtrante, cuando no existe diferencia de densidades entre el sólido y el líquido (Figura 1.4a) [7].

Sedimentación Centrífuga

Es separación de sólidos y líquidos, de diferentes densidades, por acción de la gravedad, es un proceso lento pero sencillo (Figura 1.4b) [7].

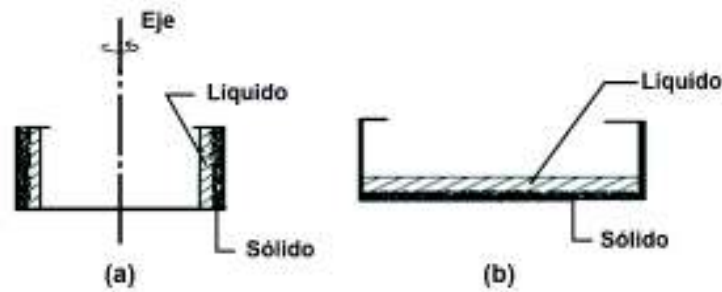


Figura 1.4. (a) Filtración Centrífuga, (b) Sedimentación Centrífuga [5].

Clasificación de Centrifugadoras

Dentro de un proceso industrial existen varios tipos de centrifugadoras clasificadas como se indica a continuación [8]:

- Centrifugadoras de Sedimentación
- Centrifugadoras de Filtración

Centrifugas de Sedimentación

Esta posee un eje vertical u horizontal que gira un cono o cilindro de pared sólida, separan o concentran partículas líquidos o sólidos por fuerza centrífuga, haciendo que una capa del líquido emigre en dirección radial hacia el eje de rotación o alejándose de él, dependiendo de la diferencia de densidades entre partículas del producto. Las partículas pesadas se acumulan sobre la pared y deben retirarse continua y periódicamente [8]. Se usan en operaciones de separación de sólido-líquido, como lo es la clarificación que es remoción de biomasa o para recuperar sólidos.

Las centrifugas de sedimentación pueden ser [8]:

- Centrifugas tubulares
- Centrifugas de múltiples cámaras
- Centrifugas de tazón sólido.
- Centrifugas decantadoras o de tornillo.
- Centrifuga de discos.

Centrifugas de Filtración

Su modo de operación es similar al de las lavadoras convencionales, la pared de su canasta tiene perforaciones, y sobre esta hay un filtro que puede ser una rejilla fina, membrana o tela. El fluido pasa por la pared debido a la fuerza centrífuga, quedando los sólidos sobre el filtro. La velocidad de filtración se incrementa, dependiendo de la densidad del producto y fuerza. De la fuerza centrífuga que se aplique dependerá el líquido que se adhiera a los sólidos [8].

Las centrifugas de filtración pueden ser:

- Centrifugas de canasta
- Centrifuga discontinua suspendida
- Presionador centrífugo

En DAN QUIMICA C.A. el proceso de separación de ácido acético y ácido acetilsalicílico dispone de una centrifuga de filtración de canasta.

Centrifugas de Canasta

Como se observa en la Figura 1.5, en este tipo de centrifugadoras, la canasta puede estar montada horizontal o verticalmente, con un extremo cerrado y el otro medio abierto.

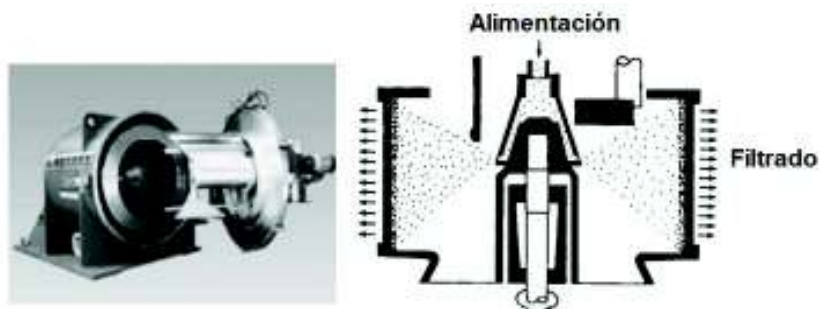


Figura 1.5. Centrifugadora tipo canasta [9] .

La canasta tiene perforaciones acompañadas de una pantalla metálica y una membrana filtrante que se la hace girar. Las fuerzas centrífugas permiten al concentrado pasar a través del filtro, logrando acumular las partículas en forma de torta. Soporta fuerzas de separación sobre los 2000g, y partículas de tamaño de 2 -1000 μm [9].

En estas centrífugas su mecanismo puede ser:

- De mando eléctrico
- De bandas
- Hidráulicas

La centrifugadora utilizada en el proceso de separación de ácido acetilsalicílico y ácido acético en DAN QUIMICA C. A. posee un mecanismo hidráulico, debido a que, necesita un gran torque para mover el eje de la centrifuga, el uso de un motor eléctrico o de bandas no es suficiente, por lo que es necesario el uso de una bomba hidráulica capaz de mover el eje de esta.

Proceso de obtención de ácido acetilsalicílico mediante centrifugación

Para el proceso de obtención de ácido acetilsalicílico es necesario conocer previamente varias definiciones importantes como son, el ácido salicílico, el ácido acético, y la acetilación.

Ácido Salicílico

El ácido salicílico (ácido o-hidroxibenzoico) es un sólido con forma de cristal obtenido en sus inicios de la corteza del sauce blanco, conocido por sus propiedades analgésicas y antipiréticas. En la actualidad se lo obtiene del manejo de sal de fenol con dióxido de carbono, esta reacción es conocida como síntesis de Kolbe-Schmitt [1].

Anhídrido Acético

El anhídrido acético es un líquido que se deriva de la reacción de dos ácidos carboxílicos a ciertas condiciones de temperatura en presencia de ácido sulfúrico, es el que elimina el contenido de agua del ácido acético. Ayuda a la síntesis orgánica, tiene un olor fuerte a vinagre (ácido acético) [1]. Es un agente acetilante muy fuerte, el cual reacciona con ácido salicílico para formar ácido acetilsalicílico.

Acetilación

La acetilación, es una reacción en un compuesto químico que introduce el grupo acetilo, que no es más que la sustitución de un átomo de hidrógeno, ayuda a eliminar el nivel de toxicidad de un producto, este proceso es usado en la síntesis de aspirina [1].

Obtención de Ácido Acetilsalicílico

El ácido acetilsalicílico se produce mediante la reacción de acetilación del ácido salicílico con el anhídrido acético, para que de esta forma, se obtenga cristales blancos de aspirina al cual se le denomina líquido madre, de esta reacción también se forma como producto secundario ácido acético, como se indica en la Figura 1.6.

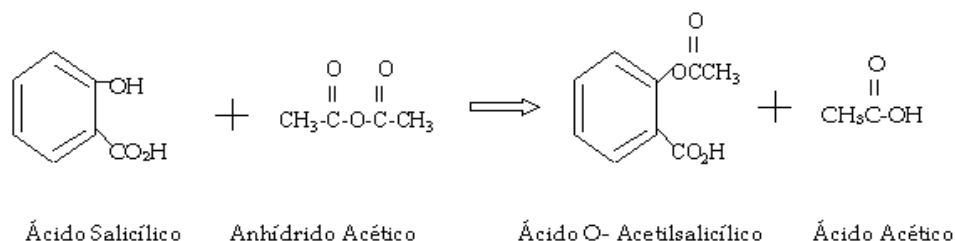


Figura 1.6. Reacción de acetilación del ácido salicílico con el anhídrido acético [1].

Acabada la reacción, la mezcla resultante pasa a una etapa de filtrado con célite o tierra filtrante, como se observa en la Figura 1.7, la cual retendrá impurezas para asegurar la calidad del producto.



Figura 1.7. (a) Maquinaria para filtración, mediante tierra filtrante (célite). (b) Célide.

Después el producto es inyectado a reactores (Figura 1.8), encargados de enfriar progresivamente el ácido acetilsalicílico dando como resultado la cristalización de este.

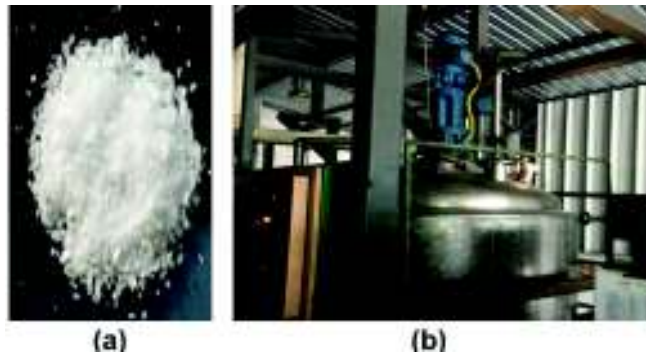


Figura 1.8. (a) Producto para ingresar al reactor cristalizador. (b) Reactor Cristalizador.

La cristalización purifica las sustancias sólidas, logrando un mayor índice de solubilidad del ácido acetilsalicílico y ácido acético. Los cristales son separados por el proceso de centrifugación, donde se agrega ácido acético para su lavado. El ácido usado, es un subproducto en la síntesis de ácido acetilsalicílico, obtenido de la destilación del líquido madre (producido durante la acetilación del ácido salicílico y el anhídrido acético), razón por lo que es llamado también ácido para lavar. Acabada la centrifugación, los cristales de ácido acetilsalicílico son retirados a tolvas de acero inoxidable para ser llevadas a los secadores. Los cristales se secan mediante un sistema de secado al vacío, donde se sube la temperatura a no más de 80 °C como se observa en la Figura 1.9. Posteriormente los cristales resultantes son llevados al área de tamices, donde son clasificados de acuerdo con el tamaño. Finalmente, el producto es conducido al área de cuarentena donde son almacenados hasta su posterior uso según los requerimientos del cliente. Cada muestra de lote se pondrá bajo ciertas condiciones ambientales para realizar un estudio de estabilidad, donde se tendrá:

- Temperatura promedio: 25 - 40°C
- Humedad relativa promedio: 35 - 80%

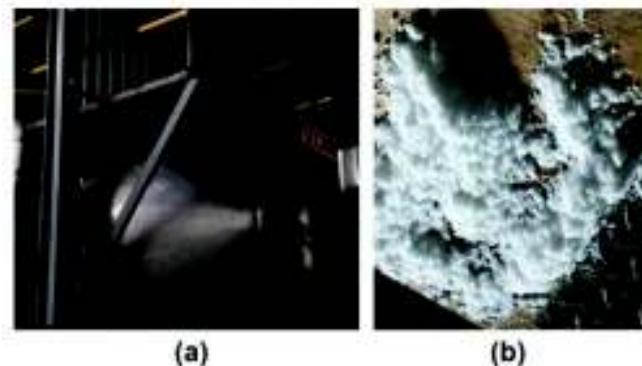
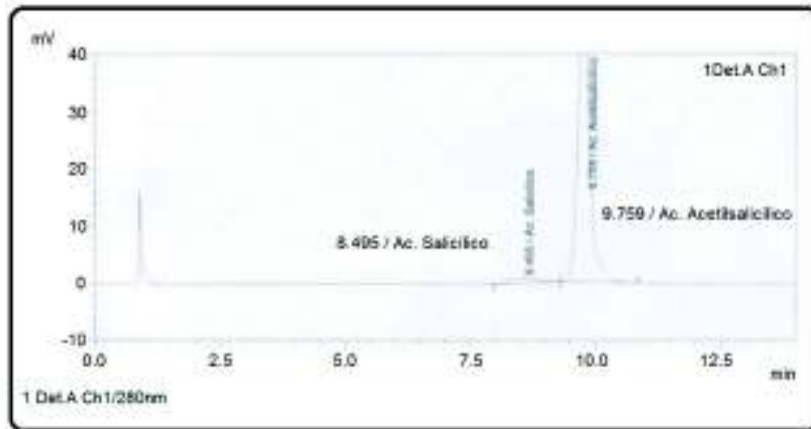


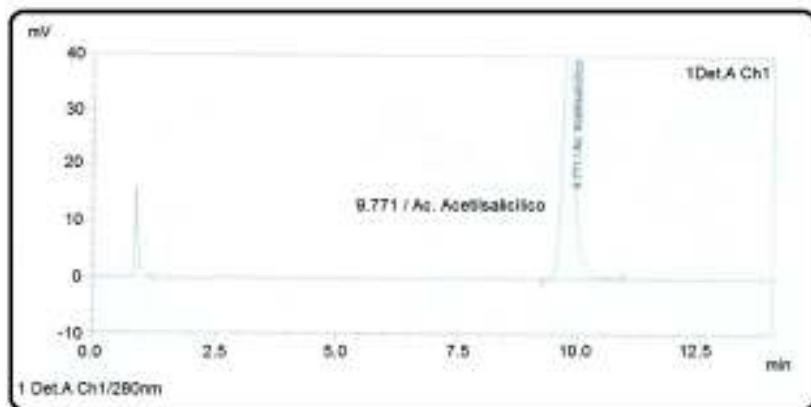
Figura 1.9. (a) Máquina para secado al vacío. (b) Producto seco.

En la síntesis del ácido acetilsalicílico quedan impurezas como residuos de ácido acético, así como el ácido salicílico. El ácido salicílico puede proceder ya sea de la materia prima, o como producto de la degradación del ácido acetilsalicílico.

En la Figura 1.10a se muestra el análisis de impurezas, determinadas por cromatografía líquida de alta presión (high performance liquid chromatography, HPLC), este procedimiento detecta cualquier impureza que no se pueda determinar por otros análisis, la prueba se realiza a cada lote, con el fin de asegurar la calidad del producto.



(a)



(b)

Figura 1.10 (a) Resultado del Cromatograma de una muestra de 500mg ácido acetilsalicílico. (b) Patrón de una muestra de 500mgr ácido acetilsalicílico [10].

La técnica de HPLC es un método físico de separación, basado en la distribución de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, una estacionaria y otra móvil, la fase móvil es un líquido (disolvente) que fluye a gran presión a través de una columna que contiene a la fase estacionaria (muestra), se lleva a cabo en una columna de vidrio [11].

Este resultado de la Figura 1.10a deberá compararse con un patrón (Figura 1.10b) para elaboración de aspirina, dentro de la comparación la variación de los picos no deberá sobrepasarse del 2%, y al menos el tiempo de retención de las muestras debe encontrarse dentro de un 20% en relación con los tiempos indicados en el método de análisis. Será responsabilidad del laboratorio de control de calidad decidir si el producto este apto o no para su entrega [10].

En la Figura 1.11, se muestra un diagrama de bloques del proceso, partiendo desde la obtención de ácido acetilsalicílico, hasta el almacenamiento del producto final, en la empresa DAN QUÍMICA C.A.

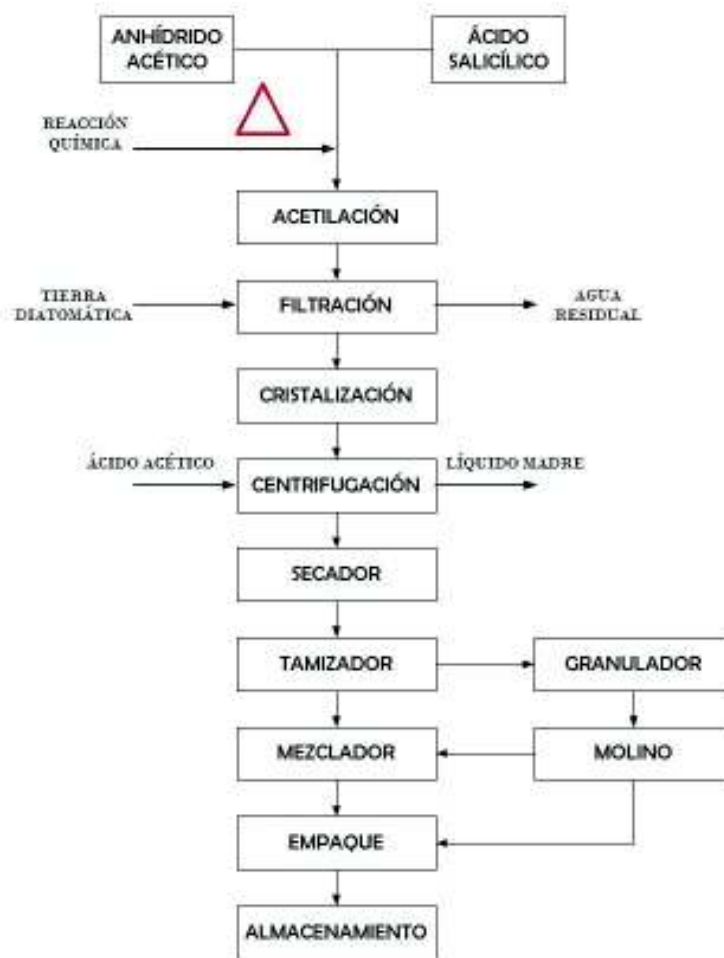


Figura 1.11. Diagrama del proceso de obtención de ácido acetilsalicílico.

Descripción de componentes de la Centrifugadora

En la Figura 1.12, se observa la parte exterior e interior de la centrífuga, donde están presentes elementos como son: visor, canasta, cubierta exterior, soporte de la

centrifugadora, bandas de transmisión, bomba de pistones axiales, pala del rascador, torre del rascador, torre del rascador.

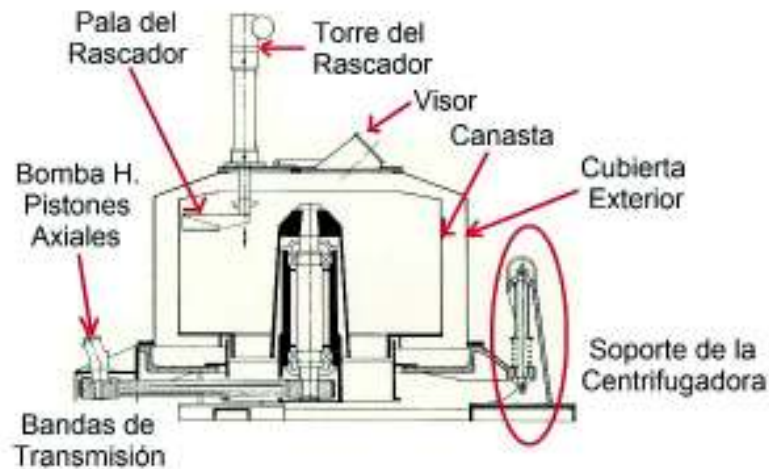


Figura 1.12. Centrifugadora parte exterior [12].

Visor

Ubicado sobre la tapa articulada, para la visualización del producto en la canasta.

Canasta

Donde ingresa el producto para realizar la separación líquido - sólido, está construido con acero inoxidable, tiene un diámetro de 1.25 m, soporta hasta 400 kg de peso de producto seco.

Cubierta exterior

La cubierta exterior contiene a la canasta, y sirve de soporte para la torre del rascador, movimiento de tapa, cañerías de alimentación de ácido acético y ácido acetilsalicílico.

Soporte de la centrifugadora

Los soportes de la centrifugadora son tres pilares, los cuales tienen la función de amortiguar el movimiento de la canasta cuando esta entra en vibración en la etapa de carga de producto.

Bandas de transmisión

Las bandas son las encargadas de transmitir el movimiento circular realizado por la bomba de pistones axiales hacia el eje de la canasta de la centrifugadora.

Bomba hidráulica de pistones axiales

La bomba de pistones axiales es el actuador principal para dar movimiento circular a la canasta de la centrifugadora. El eje de la bomba de pistones axiales, esta acoplado mediante tres bandas al eje de la canasta, para suministrar el movimiento.

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento es en base a pistones cilíndricos que funcionan en la misma dirección del eje motriz y se sitúan alrededor de él girando a la par. Los pistones están dentro del barril que da por la parte trasera a la tapa donde están los puertos, del otro lado está el plato inclinado donde se sitúan las rotulas deslizantes. Al presentarse el giro del eje, el barril que esta acoplado a él también empieza a girar y los pistones empiezan a salir del barril chupando fluido desde la succión.

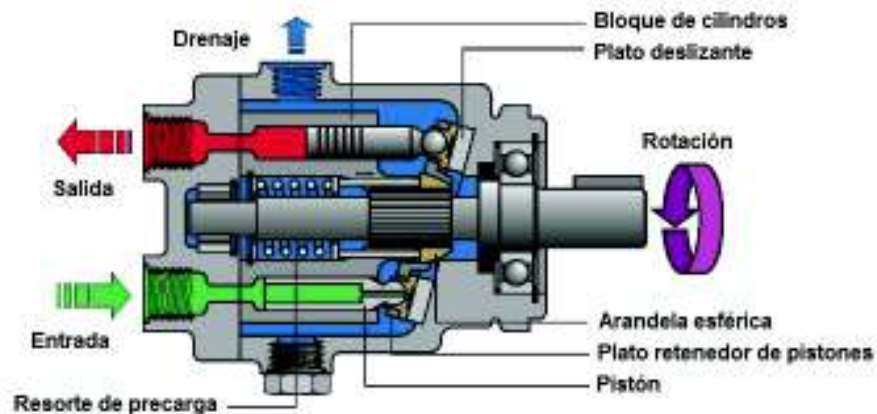


Figura 1.13. Bomba de pistones axiales [13].

Cada pistón succiona durante media vuelta y descarga durante la otra media. Los pistones permanecen pegados al plato deslizante por medio del resorte de precarga que le da una fuerza mínima para que el barril y los pistones queden apretados para dar eficiencia en el momento de la arrancada (Figura 1.13) [13].

Pala del Rascador

La pala del rascador, al igual que la canasta es de acero inoxidable, trabaja en el interior de la canasta y es la encargada de remover el producto en estado sólido pegado en las paredes de la canasta luego de la etapa de secado.

Torre del Rascador

La torre del rascador Figura 1.12, contiene la estructura de la pala, la cual es usada para la descarga del producto. La torre contiene el sistema hidráulico, el cual ayuda a la pala a moverse vertical y horizontalmente, en 4 posiciones dentro de la centrifugadora.

Tapa

Esta realiza su apertura o cierre a través de cilindros de doble efecto hidráulicos, permite visualizar el interior de la centrifugadora (Figura 1.14).



Figura 1.14. Tapa de la centrifugadora.

Cilindros Hidráulicos

La centrifugadora dispone de dos cilindros de doble efecto hidráulicos, encargados de abrir y cerrar la tapa de la centrifuga (Figura 1.15a).

La torre del rascador dispone también de cilindros de doble efecto los cuales ayudan a mover la pala del rascador para cumplir con el ciclo de descarga.

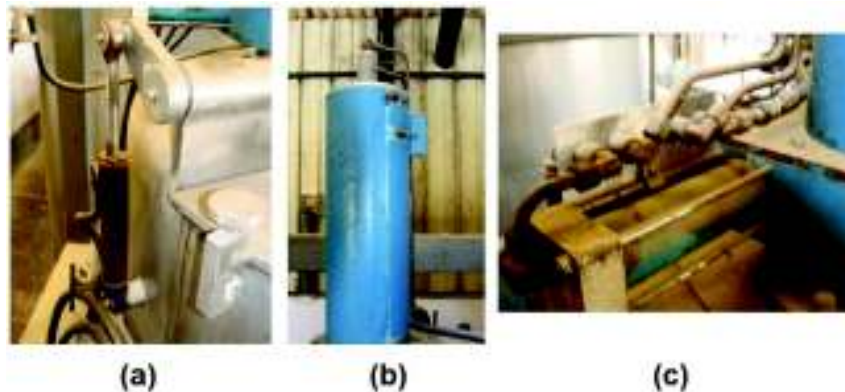


Figura 1.15. Cilindro de doble efecto para mover (a) Mover la tapa. (b) Para movimiento superior-inferior del rascador. (c) Para movimiento exterior-interior del rascador.

Bomba hidráulica de caudal variable

La bomba hidráulica de caudal variable Figura 1.16, permite regular la cantidad de fluido hidráulico que va hacia la bomba hidráulica de pistones axiales, para aumentar o disminuir la velocidad de rotación de la canasta según sea el caso.



Figura 1.16. Bomba hidráulica de caudal variable

También almacena el fluido hidráulico de todo el sistema. Para poder regular el caudal, en el interior de la bomba se mueve un pivote con la ayuda de un motor eléctrico, el cual gira en dos sentidos, horario y antihorario según se desee aumentar o disminuir la velocidad. Al mover el pivote, también se mueve el eje móvil que acciona los finales de carrera que indican determinada velocidad de giro.

Elementos de control y regulación de caudal de fluido hidráulico

El sistema hidráulico posee elementos de control y regulación de caudal, un conjunto de electroválvulas, cañerías, mangueras etc. (Figura 1.17). Las electroválvulas son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra, permitiendo o bloqueando el paso de fluido hidráulico a los actuadores. En la centrifuga estas comandan la apertura o cierre de la tapa, las posiciones de la pala del rascador, y la velocidad de rotación de la canasta.



Figura 1.17. Electroválvulas y válvulas del sistema hidráulico

Switch de vibración

El switch de vibración se encuentra ubicado en la parte inferior de la cubierta exterior como indica en la Figura 1.18. Cuando el material que ingresa a la centrifugadora se transforma en una sola masa que tiende a desestabilizar la canasta de su eje de giro, produciendo vibraciones excesivas, el sensor genera una alarma para que el operador detenga el proceso.

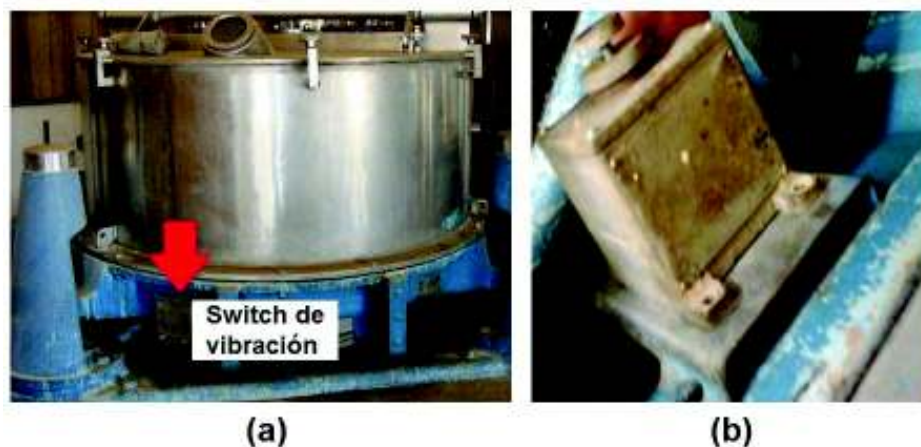


Figura 1.18. (a) Ubicación del switch de vibración. (b) Switch de vibración.

Finales de carrera

Los finales de carrera están ubicados en posiciones específicas para indicar cuando la canasta ha alcanzado determinada velocidad de rotación (Figura 1.19), las velocidades a determinar son velocidad baja, media, alta.



Figura 1.19. Finales de carrera.

Sensores del rascador y tapa

Son sensores ubicados en cuatro posiciones en la torre del rascador Figura 1.20a y en el eje que sostiene la tapa Figura 1.20b, estos sensores indican las ubicaciones o posiciones por donde se mueve la pala del rascador hidráulico para completar el ciclo de descarga o la posición de la tapa, respectivamente. No se tiene registro del tipo de sensores ya que fueron retirados de sus posiciones de operación.

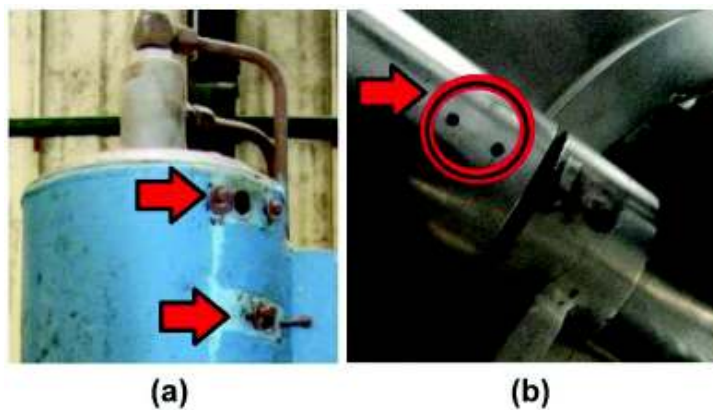


Figura 1.20. (a) Orificios en donde se ubicaban los sensores del rascador. (b) Orificios para la ubicación de la placa de sujeción del sensor en la cubierta de la centrifugadora para detectar la posición de la tapa.

Tableros

La centrifugadora posee dos tableros los cuales se indican en la Figura 1.21, uno para configuración de tiempos en las etapas de carga, lavado de producto, secado y lavado de centrifuga, y otro, para el control y visualización de parámetros tales como, mando manual o automático, accionamientos de bombas, movimiento de la tapa, aumento o disminución de la velocidad, paro de emergencia, alarmas, movimiento del rascador etc.

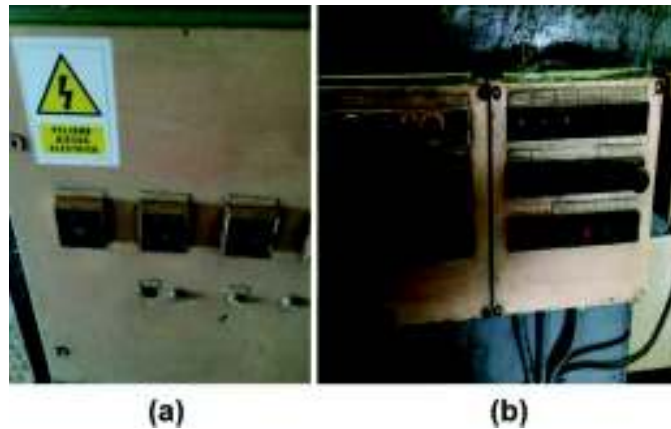


Figura 1.21. (a) Tablero de control y de configuración de tiempos de operación. (b) Tablero de maniobra.

Tacogenerador

Ubicado en la estructura de la centrifugadora y acoplado al eje motriz de la bomba de pistones axiales mediante una banda, permite conocer la velocidad de giro de la canasta. El tacogenerador genera una señal, la cual es usada por el tacómetro para indicar la velocidad de giro en RPM de la canasta, como se indica en la Figura 1.22.

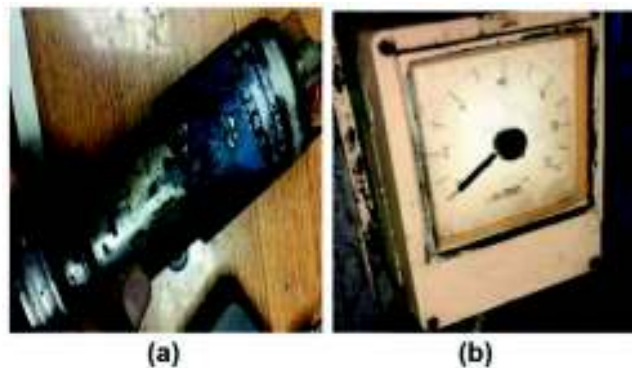


Figura 1.22. (a) Tacogenerador (b) Tacómetro para de la visualización velocidad en RPM.

Bombas para abastecimiento de producto (ácido acetilsalicílico) y ácido acético

Desde el reactor de acetilación (Figura 1.23a) se transporta el producto hacia la centrifugadora mediante la bomba de la Figura 1.23b, y a través de la bomba de la Figura 1.23c, se transporta ácido acético para lavar el producto y lavar la centrifuga al final del proceso.

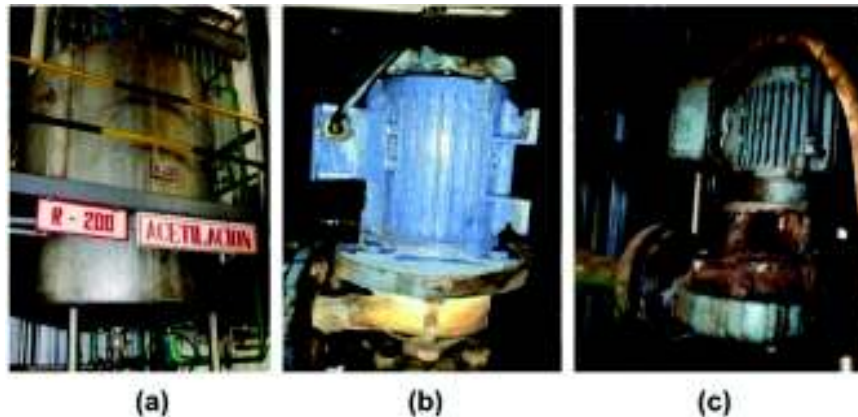


Figura 1.23. (a) Tanque de acetilación. (b) Bombas de carga de ácido acetilsalicílico. (c) Bomba de carga de ácido acético.

Bomba hidráulica

La bomba hidráulica mostrada en la Figura 1.24, cumple la función de hacer circular el fluido hidráulico a través de todo el sistema proporcionando una presión y caudal adecuado.



Figura 1.24. Bomba hidráulica.

Intercambiador de calor

El sistema hidráulico dispone de un intercambiador de calor mediante el cual se refrigera el fluido hidráulico. El líquido hidráulico circula a través de un radiador Figura 1.25 y se extrae el exceso de calor mediante un ventilador.

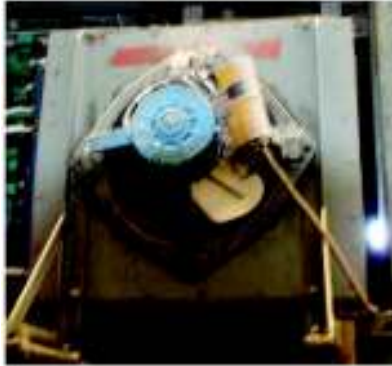


Figura 1.25. Intercambiador de calor del sistema hidráulico.

Funcionamiento de la Centrifuga

La centrifuga dispone de varios mandos como son:

Selección de modo Automático - Manual.

Selección de apertura y cierre tapa.

Pulsadores de inicio, paro, emergencia, bomba de carga y lavado, encendido bomba hidráulica.

Luces indicadoras como, automático, manual, velocidad baja, tapa abierta o cerrada.

Luces indicadoras de posición del rascador (arriba, abajo, adentro, afuera).

Alarmas de exceso de vibración, protecciones térmicas, paro de emergencia, rotación (reducida o elevada).

Modo Automático

En el tablero se selecciona modo Automático con un selector y presionando el botón "Inicio", la centrifuga empieza el proceso con la carga del líquido madre (en forma de pasta) mediante una tubería, que va en el rango de 0-36 min esto lo realiza a una velocidad media (menor a 500 rpm). Una vez cargado el producto empieza la etapa de lavado y la canasta gira por un tiempo que va desde los 0-18 min, en esta etapa se inyecta ácido acético por una de las tuberías para que el producto no llegue a solidificarse en una sola pasta.

Acabada esta etapa se pasa a la etapa de secado que va desde los 0-36 min, a velocidad alta (mayor a 700 rpm).

Después, se realiza la descarga del producto en un tiempo estimado de 8-12 min, por medio del rascador hidráulico, cuando la canasta gira a una velocidad aproximadamente menor a 100 rpm. Finalmente se realiza el lavado de la canasta con ácido acético en un rango de tiempo entre 0-36 min [1].

Modo Manual

En este modo es posible realizar las mismas operaciones que en el modo automático, pero es el operador quien los comandaba indistintamente desde el tablero principal. Para ambos modos de operación la apertura y cierre de la tapa siempre se la realizará con la canasta en reposo.

Estado actual de la Centrifuga

En la Figura 1.26, a simple vista se observa el estado de deterioro en el cual se encuentra la centrifugadora, debido a la falta de mantenimiento y el desconocimiento del cuidado por parte de los operadores. Es evidente la aparición de óxido debido a la exposición al aire libre y al producto químico derramado en varias piezas.



Figura 1.26. Estado de la centrifugadora, parte exterior

En la Tabla 1.1, se indican los componentes externos de la centrifugadora, indicando su estado actual y la solución que se plantea para rehabilitar el sistema.

Tabla 1.1. Componentes de la centrifugadora.

COMPONENTES DE LA CENTRIFUGADORA			
Nº	Descripción	Estado Actual	Solución
1	Bandas de transmisión	Se encuentran con polvo en la superficie.	Se verificará que las bandas no presenten ruptura, en caso de estar rotas, se procederá al cambio.
2	Canasta y Cubierta exterior	Presenta oxidación en la superficie.	Se realizará limpieza.
3	Cañería de abastecimiento de producto	Presenta ruptura en la cañería, cerca de la cubierta de la centrifuga.	Se realizará un cambio de cañería debido a que presenta ruptura.
4	Pala del rascador	Presenta oxidación en la superficie de la pala.	Se realizará limpieza.
5	Soporte de la centrifuga	Los soportes están constituidos por espirales, los cuales no presentan ruptura y la cubierta se encuentra sujeta correctamente.	Se realizará limpieza, recubrimiento con pintura.
6	Tapa y sello mecánico	La tapa presenta oxidación en su superficie y se verifico que no haya ruptura en el contorno del sello mecánico, está en buenas condiciones.	Se realizará limpieza.
7	Torre del rascador	Presenta oxidación en la superficie y oxido en las tuberías de alimentación de líquido hidráulico, no dispone de los sensores.	Se realizará limpieza, recubrimiento con pintura y reajuste de cañerías de fluido hidráulico, y se colocaran los sensores para su operación.
8	Válvulas de paso de producto	Presentan producto solidificado en la superficie.	Se realizará limpieza y verificación de funcionamiento.
9	Válvulas de paso de ácido acético	Condiciones operables.	

COMPONENTES DE LA CENTRIFUGADORA			
Nº	Descripción	Estado Actual	Solución
10	Visor de cristal de la centrifuga	El visor presenta empañamiento en la superficie de cristal.	Se realizará limpieza del visor.

En la Figura 1.27, se indica algunas de las partes constitutivas del sistema hidráulico el cual dispone de válvulas, cilindros de doble efecto, elementos de regulación y control del fluido hidráulico, cañerías y mangueras, las cuales presentan ruptura.

Parte de los elementos se encuentran en estado de oxidación, por lo que será necesario realizar limpieza y recubrimiento con pintura, en otros casos la sustitución de los elementos.

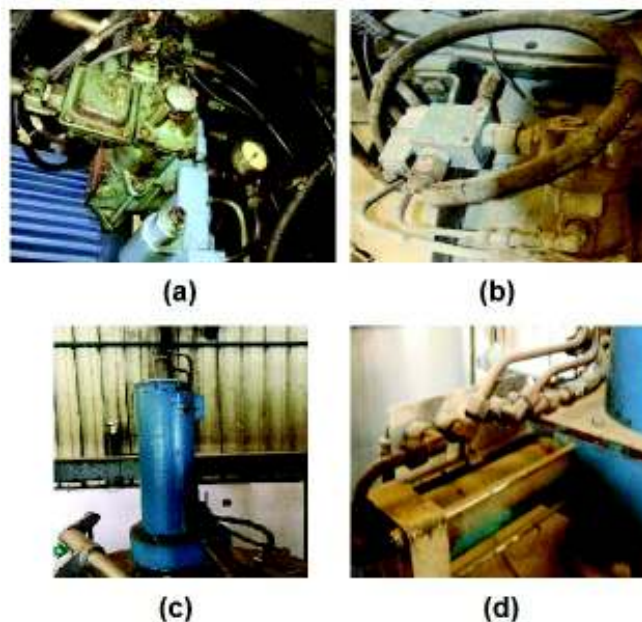


Figura 1.27. (a) Válvulas de control. (b) bomba hidráulica de pistones axiales. (c) Torre del rascador. (d) Cilindro de doble efecto para movimiento de la pala del rascador.

Las electroválvulas indicadas en la Figura 1.17, se encuentran operables, se verificó su funcionamiento, con los elementos de control y regulación de caudal, se realizarán pruebas más adelante. El intercambiador de calor del fluido hidráulico, presenta ruptura, desconexión de mangueras y el ventilador se encuentra fuera de operación.

En la Tabla 1.2, se indican las partes constitutivas del sistema hidráulico, indicando su estado y posible solución para rehabilitar el sistema.

Tabla 1.2. Componentes del sistema hidráulico de la centrifugadora.

ELEMENTOS DEL SISTEMA HIDRAÚLICO			
Nº	Descripción	Estado Actual	Solución
1	Bomba hidráulica de pistones axiales	Se encuentra con óxido en su superficie, las mangueras de conexión presentan ruptura.	Se realizará limpieza, recubrimiento con pintura y reajuste en las cañerías de alimentación de fluido hidráulico.
2	Balancines de la bomba de flujo variable	Se encuentran flojos y presentan desgaste.	Se colocarán nuevos pernos para su ajuste con el eje móvil y se rellenará los balancines que presentan desgaste para el accionamiento de los finales de carrera.
3	Cilindros de doble efecto hidráulicos para mover la tapa de la centrifuga	Presentan oxidación en la superficie.	Se realizará limpieza, recubrimiento con pintura y reajuste de cañerías.
4	Contenedor de líquido hidráulico	Presenta oxidación, el contenedor está en la bomba de caudal variable.	Se cambiará el fluido hidráulico.
5	Filtro	Fibra filtrante rota.	Se realizará cambio del filtro.
6	Manómetro	Presenta oxidación.	Se realizará limpieza y reajuste de las cañerías.
7	Radiador para refrigerar el fluido hidráulico	Presenta ruptura.	Se realizará la sustitución del radiador.
8	Torre del rascador hidráulico	Presenta oxidación en su superficie, no dispone de los sensores para mover la pala del rascador.	Se realizará limpieza, recubrimiento con pintura y reajuste de cañerías.
9	Válvulas de regulación y control de flujo	Presenta oxidación en la superficie, y las conexiones flojas, en algunos casos desconectadas.	Se realizará limpieza, recubrimiento con pintura y reajuste de cañerías.
10	Válvula limitadora de presión	Conexiones de cañerías desajustadas.	Se realizará reajuste de cañerías.

El tablero de control y temporización que se muestra en la Figura 1.28a y Figura 1.28b, se encuentran fuera de servicio, Posee un exceso de cables al aire sin identificación, hacen falta relés. La oxidación es visible en la mayoría de elementos del tablero.

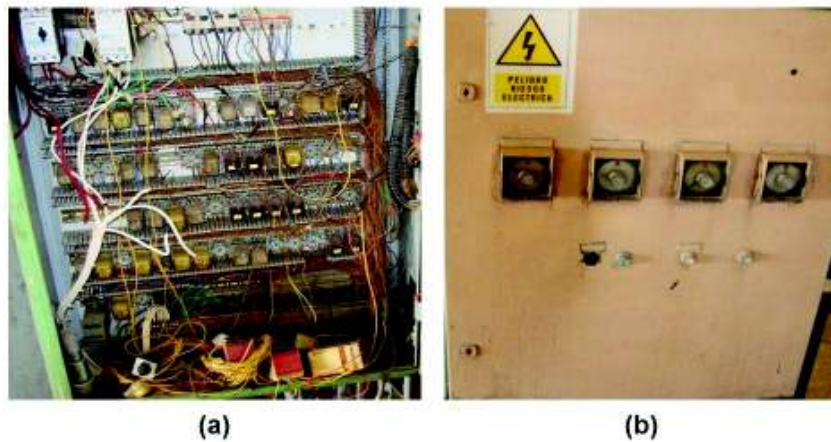


Figura 1.28. (a) Tablero de control. (b) Temporizadores programar el tiempo de duración de las etapas del proceso.

Los elementos de maniobra y protección del circuito de potencia, el cual maneja los actuadores, se encuentran averiados, en el caso de los contactores, han sido retirados del tablero de control.

Al circuito de control también le hacen falta las respectivas protecciones contra cortocircuitos y el interruptor de alimentación principal del tablero se encuentra desconectado.

Los pulsadores del tablero de mando, y el paro de emergencia se encuentran en malas condiciones, las luces piloto no encienden, (Figura 1.21b). El switch de vibración (Figura 1.18b), no se encontraba en su ubicación, la cual se indica en la Figura 1.18a, el switch había sido removido de su posición por lo que no cumplía con su función la cual era accionarse y enviar una alarma.

Los finales de carrera indicados en la Figura 1.19, se encuentran operables mecánicamente y en su posición de funcionamiento, aunque se verificará los accionamientos de los contactos, se ubican sobre la bomba de caudal variable.

Los sensores para ubicar las posiciones del raspador y de la tapa principal, (Figura 1.20) han sido retirados, por lo que la operación del raspador y de la tapa se hace imposible. En la Tabla 1.3, se indican los principales elementos del sistema eléctrico que tenía la centrifugadora. Se indican cuales se encuentran en buen estado y se pueden reutilizar, y

cuales se encuentran el mal estado y necesitan ser sustituidos. El circuito de control en su mayoría contaba con un diseño basado en relés, los cuales no se encontraban ubicados en el socalo, o se encontraban en mal estado con los cables desconectados.

Tabla 1.3. Elementos del sistema eléctrico de la centrifugadora.

ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO			
Nº	Descripción	Estado Actual	Solución
1	Contactores para maniobra de arranque de la bomba hidráulica	Los contactores se encuentran fuera de funcionamiento.	Sustituir los contactores.
2	Contactores para maniobra del motor de la bomba hidráulica de flujo variable	Los contactores se encuentran fuera de funcionamiento.	Sustituir los contactores.
3	Contactador para arranque del motor del ventilador	El contactador se encuentra fuera de funcionamiento.	Sustituir el contactador.
4	Contactador para arranque de la bomba de carga	El contactador se encuentra en funcionamiento.	Realizar reajuste de bornes.
5	Contactador para arranque del a bomba para lavado con ácido acético	El contactador se encuentra en funcionamiento.	Realizar reajuste de bornes.
6	Electroválvula 4/3 para mover el rascador hacia las posiciones superior o inferior	La electroválvula de control presentaba desconexión de cables.	Realizar la reconexión y comprobar su funcionamiento.
7	Electroválvula 4/3 para mover el rascador hacia las posiciones interior o exterior	La electroválvula estaba en condiciones operables, se comprobó su funcionamiento.	Se realizará un reajuste de bornes.
8	Electroválvula 4/3 para abrir o cerrar la tapa	La electroválvula estaba en condiciones operables, se comprobó su funcionamiento.	Se realizará un reajuste de bornes.

ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO			
Nº	Descripción	Estado Actual	Solución
9	Electroválvula 4/3 de control direccional	La electroválvula estaba en condiciones operables, se comprobó su funcionamiento.	Se realizará un reajuste de bornes.
10	Electroválvula 4/3 de para velocidad reducida o elevada	La electroválvula no se accionaba al comprobar su funcionamiento.	Se realizará la sustitución de la electroválvula.
11	Electroválvula 3/2 para permitir el paso de fluido hidráulico	La electroválvula estaba en condiciones operables, se comprobó su funcionamiento.	Se realizará un reajuste de bornes.
12	Final de carrera para indicar 0 RPM	Está en condiciones operables.	Se realizará un reajuste de bornes.
13	Final de carrera para indicar velocidad reducida	Existía desconexión del cable.	Se realizará la conexión del cable y se comprobará su funcionamiento.
14	Final de carrera para indicar velocidad elevada	Está en condiciones operables, se comprobó su funcionamiento.	Se realizará un reajuste de bornes.
15	Guardamotor del motor de la bomba hidráulica	Se encontraba atascado el accionamiento.	Sustituir la protección.
16	Guardamotor del motor de la bomba hidráulica de flujo variable	Se encontraba atascado el accionamiento.	Sustituir la protección.
17	Guardamotor del motor del ventilador	No se encontraba en el tablero de control.	Instalar una nueva protección.
18	Interruptor de alimentación principal	Presentaba desconexión de cables, se comprobó su funcionamiento.	Se utilizará el mismo interruptor.
19	Luces piloto del tablero de maniobra	Presentan desconexión del tablero de control.	Sustitución de las luces piloto.

ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO			
Nº	Descripción	Estado Actual	Solución
20	Motor eléctrico bomba Hidráulica Principal	Se encuentra con polvo en la superficie, se realizó la prueba de funcionamiento.	Se realizará reajuste de bornes, limpieza y recubrimiento con pintura.
21	Motor eléctrico de la bomba hidráulica de flujo variable	Se encuentra con polvo en la superficie, se realizó la prueba de funcionamiento.	Se realizará reajuste de bornes, limpieza y recubrimiento con pintura.
22	Motor eléctrico de la bomba de carga de producto	Se encuentra con producto en estado sólido la superficie, se realizó la prueba de funcionamiento.	Se realizará reajuste de bornes.
23	Motor eléctrico de la bomba para lavado con ácido acético	Se encuentra con corrosión en la superficie, se realizó la prueba de funcionamiento.	Se realizará reajuste de bornes.
24	Motor del ventilador	Se encontraba fuera de funcionamiento.	Se realizará la sustitución del motor.
25	Paro de emergencia	Se encuentra atascado.	Se realizará la sustitución del elemento.
26	Pulsadores de maniobra del sistema de control de la centrifugadora	En su mayoría se encontraban atascados o no cumplían con su función.	Se realizará la sustitución de los elementos.
27	Sensores para posicionamiento de la pala del rascador y de la tapa	No se encontraban en sus posiciones de funcionamiento.	Se colocarán sensores inductivos.
28	Tacogenerador	Se encontraba recubierto con fluido hidráulico.	Se realizará limpieza reajuste de bornes y acondicionamiento de la señal para integrarlo al PLC.
29	Tacómetro	Presentaba corrosión en la superficie y también en su interior.	Se visualizará la velocidad de rotación de la canasta en un HMI.

Solución

Para solucionar estos múltiples problemas se plantea dar de baja al tablero de control principal actual y diseñar uno nuevo, el cual será comandado por un PLC Siemens S7-1200 [15], agregando un módulo de ampliación de E/S digitales debido a que el número de entradas y salidas necesarias para automatizar el proceso sobrepasa las disponibles en el PLC. Además reparar o reemplazar sensores de posición y vibración. Reparar el tacómetro e implementar un acondicionamiento de señal para PLC. Rehabilitar el sistema hidráulico que mueve canasta principal, readecuar el cableado eléctrico de todos los sensores y actuadores, reparar las fugas de fluido hidráulico existentes en las cañerías y bridas, rehabilitar el sistema de carga del ácido acético (líquido) y carga de ácido acetilsalicílico (masa), programar el PLC para el funcionamiento en modo manual-automático del proceso, diseñar el HMI para el monitoreo, se usará un panel táctil Siemens SIMATIC HMI [16] con comunicación ethernet y diseño del panel de mando adicionando los indicadores para el control y monitoreo del proceso.

Con la automatización del proceso el operario dará supervisión e ingresará las variables de control, asegurando una mejora en la interacción del operador con la máquina y con el desarrollo del proceso. Por otra parte, la automatización, frente al control manual, evita posibles errores humanos y brinda seguridad a los trabajadores.

A continuación se mencionan los dispositivos de control necesarios para automatizar el proceso de centrifugación, los equipos han sido elegidos por su versatilidad, características y relativamente bajo costo.

PLC Simatic S7 1200

El PLC Simatic S7-1200 mostrado en la Figura 1.29, tiene un diseño compacto y dispone de un amplio juego de instrucciones, es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones ya que ofrece flexibilidad para solucionar las tareas de automatización, dispone de un software de programación basado en Windows [39].

La CPU del PLC incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un PLC potente. Posee funciones de seguridad por contraseña para poder acceder a sus funciones. La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET [15]. Las características del PLC S7-1200 se muestran en el ANEXO III.



Figura 1.29. Controlador lógico programable S7-1200 [15].

Módulo de Expansión de entradas y Salidas Digitales

El módulo SM1223 DI 16 x 24 V DC DQ 16 x relé, indicado en la Figura 1.30, se puede utilizar para agregar funciones a la CPU del S7-1200. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU. Presenta un diseño compacto, leds de estado para las E/S del módulo de señal y un conector de bus integrado. Las características del módulo SM1223 DI 16 x 24 V DC DQ 16 x relé se muestran en el ANEXO III.



Figura 1.30. Módulo de extensión de entradas y salidas [17].

Fuente de poder LOGO!Power

La fuente de poder LOGO!Power mostrada en la Figura 1.31, alimenta con 24 VDC el panel táctil KTP-700 y las entradas del módulo de extensión de entradas y salidas SM1223 DI 16 x 24 V DC DQ 16 x relé que se usa junto con el PLC S7-1200.



Figura 1.31. Fuente LOGO!Power [18].

La fuente de alimentación es adecuada para uso universal gracias a su amplio rango de entradas para redes monofásicas y funcionamiento con tensión directa. Las demás características se indican en el ANEXO III.

Touch Panel Siemens

El Panel táctil cumple el papel de Interface Hombre-Máquina HMI (Human Machine Interface) y se usa principalmente para monitoreo e ingreso de parámetros de control del proceso. El Panel táctil elegido es de la familia Siemens, modelo Basic Panel Figura 1.32, la cual es compatible con el PLC S7-1200, el panel se coloca en la parte frontal del tablero de control, para tener acceso de manera inmediata a la inicialización del proceso de centrifugación. Las características del Touch Panel de Siemens se indican en el ANEXO III.



Figura 1.32. Panel táctil Siemens KTP-700 [16].

2. METODOLOGÍA

El proyecto tiene como principal objetivo automatizar y rehabilitar una centrifugadora que sea capaz de separar ácido acético y ácido acetilsalicílico, los cuales son elementos bases para la elaboración de aspirina. Para lograr el objetivo de este proyecto, se utilizó un tipo de investigación aplicada.

Primero se procedió a realizar una valoración de los elementos y equipos de la centrifugadora para determinar si estos serían rehabilitados o sustituidos. Luego se realizó el proceso de selección de los dispositivos y elementos necesarios para la construcción del tablero de control. Como siguiente paso, se procedió al diseño y desarrollo del programa para el sistema de control. Finalmente se integró una interfaz HMI al sistema de control por lo que se procedió a diseñar una interfaz que sea amigable al operario.

2.1 Rehabilitación o reposición de los elementos y equipos de la centrifuga

En la Figura 2.1 se indica un esquema detallando de donde se encuentran ubicados los elementos, que conforman al sistema de centrifugación.

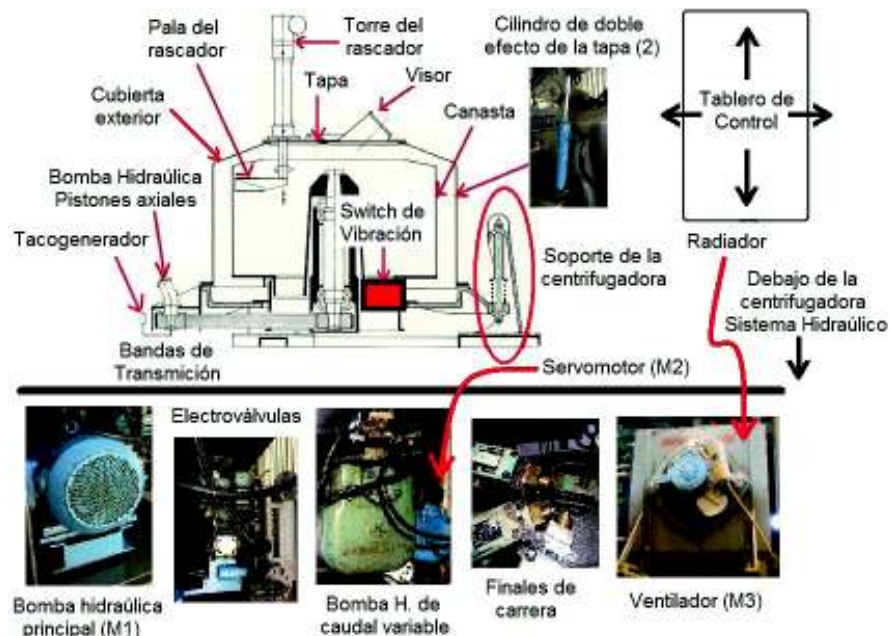


Figura 2.1. Ubicación de los elementos de la centrifugadora.

A continuación se presentan las soluciones planteadas para rehabilitar las partes averiadas y a reponer los que se presentaron fuera de operación en la centrifugadora para luego realizar la implementación de los equipos de control para la automatización del proceso.

Visor de la centrifuga

El visor de la centrifugadora (Figura 2.2d), está constituido por un cristal el cual permite ver el producto en el interior de la centrifugadora al momento de la carga o descarga del producto, se encontraba empañado, por lo que se realizó la limpieza del visor con disolvente.

Canasta

La canasta de la centrifugadora (Figura 2.2a), presentaba empañadura por lo que se procedió a realizar la limpieza con disolvente, en vista de que el material con el cual está construida la canasta es de acero inoxidable, no se puede recubrir con pintura. En su interior se coloca una malla para filtrar el líquido proveniente de la centrifugación.

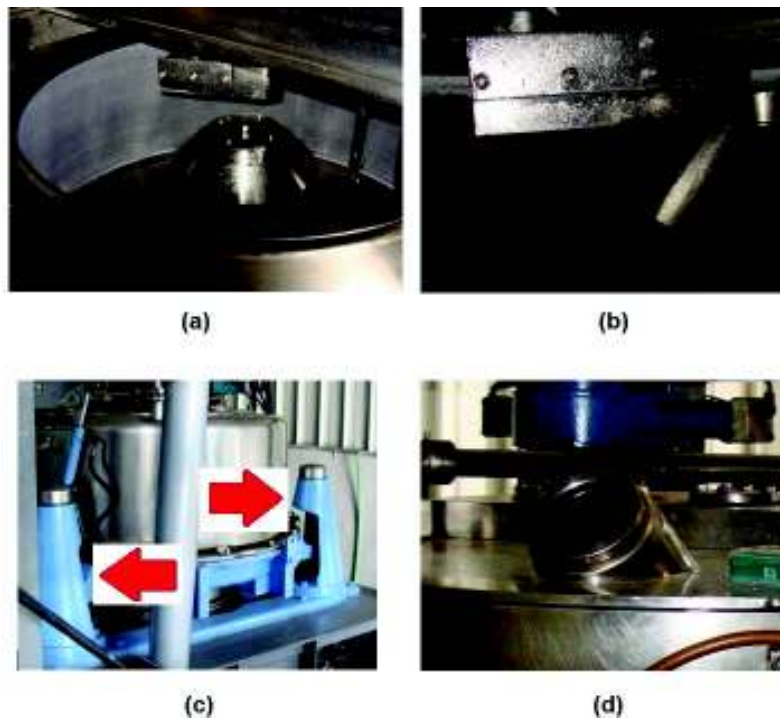


Figura 2.2. (a) Canasta de la centrifugadora. (b) Pala del rascador. (c) Soporte de la centrifugadora. (d) Visor de cristal de la cubierta.

Cubierta exterior

A la cubierta exterior se le realizó limpieza con disolvente ya que presentaba empañadura, también se verificó visualmente que no presente ruptura y este bien sujeta a los soportes realizando un reajuste en los pernos de sujeción, se estableció que la cubierta esté en condiciones operables.

Soporte de la centrifuga

Los soportes de la centrifugadora (Figura 2.2c), fueron limpiados y recubiertos con pintura, en las pruebas de funcionamiento se verificará la amortiguación de los mismos.

Bandas de transmisión de movimiento entre la bomba hidráulica de pistones axiales y eje de la centrifugadora

Al estar detenida la operación de la centrifugadora, las bandas de transmisión no presentaban ruptura o mayor desgaste, por lo que se usarán las mismas bandas para el periodo de pruebas de funcionamiento de la centrifuga.

Pala del rascador

La pala del rascador (Figura 2.2b), presentaba empañadura por lo que se realizó limpieza. Su estructura no presenta ruptura y se encuentra sujeta correctamente al eje móvil, que es el que lleva a la pala por las 4 posiciones de movimiento.

Sello mecánico y tapa

El sello mecánico se encuentra colocado en el contorno de la tapa y es de caucho, impide que se escapen los gases emitidos por el producto al ser centrifugado. El sello mecánico se encuentra en buenas condiciones únicamente se realizó limpieza.

Balancines de la bomba de caudal variable

Los balancines colocados en el eje móvil Figura 2.3, el cual esta acoplado a un pivote en el interior de la bomba hidráulica de caudal variable, accionan cada uno de los 3 finales de carrera, al ubicarse el balancín sobre el palpador de cada uno de ellos, dependiendo del incremento o disminución de la velocidad de giro de la canasta de la centrifugadora. Los balancines se encuentran flojos debido a que los pernos están aislados.

Es importante que los balancines se muevan junto con el eje móvil, para cumplir con la función de accionar los finales de carrera, se procedió a colocar nuevos pernos y a rellenar el cuerpo de los balancines, ya que presentaban desgaste.

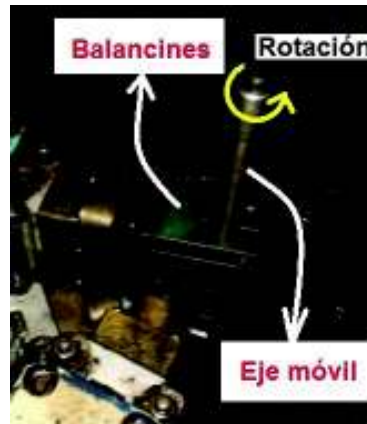


Figura 2.3. Balancines acoplados al eje móvil de la bomba de caudal variable.

Finales de Carrera

La bomba hidráulica de caudal variable es accionada por un motor eléctrico, el cual se encarga de regular el caudal de paso, moviendo un pivote al interior de la bomba. Al mover el pivote, también se mueve un eje móvil junto con los balancines, logrando accionar uno de los finales de carrera (FC) Figura 2.4, indicando la velocidad de giro de la canasta. El FC-0, indica uno de los estados iniciales para poner en marcha el proceso, es decir velocidad alrededor de 20 revoluciones por minuto, FC-1 indica velocidad de rotación media (400-450 RPM), que es la velocidad en la cual se puede cargar y lavar el producto, mientras que FC-2 indica que velocidad alta (800-850 RPM), que indica que el producto entra en la etapa de secado.

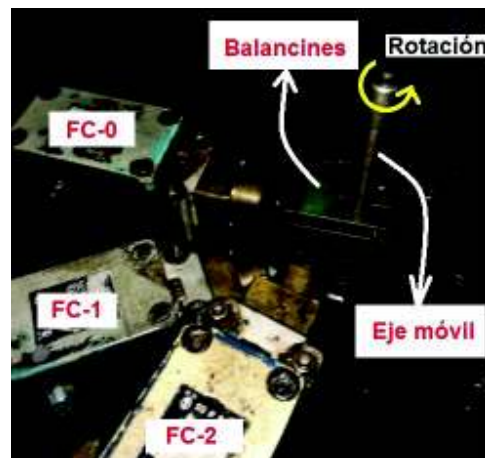


Figura 2.4. Ubicación de los finales de carrera (FC).

En uno de los finales de carrera específicamente el FC-1, se realizó la reconexión de uno de los cables debido a que se encontraba roto y no enviaba la señal (Figura 2.5). En general

se realizó una limpieza y reajuste de bornes en cada uno de los finales de carrera, finalmente se verificó su funcionamiento.



Figura 2.5. Reconexión del final de carrera FC-1.

En la Tabla 2.1, se indican las características de los finales de carrera de la centrífuga:

Tabla 2.1. Características de los finales de carrera [12].

Modelo	EX sd3n G5
Voltaje / Corriente	380 Vac / 6A 220 Vac / 0,1A 24 Vdc / 1A
Contactos	1 N.O. 1 N.C.
Protección	IP67

Bomba Hidráulica de pistones axiales.

La bomba de pistones axiales permite transformar la energía del fluido en movimiento, en trabajo útil, en este caso en movimiento circular para centrifugación.



Figura 2.6. (a) Bomba de pistones axiales de la centrífuga, (b) Acople del eje de la bomba al eje de la canasta, mediante bandas.

A la bomba hidráulica de pistones axiales se le realizó, limpieza, recubrimiento con pintura (Figura 2.6a) y reajuste de cañerías, en la fase de pruebas se comprobará su correcto funcionamiento. En la centrífugadora, la bomba de pistones axiales es la que da

movimiento a la canasta y se encuentra acoplada al eje de la centrifugadora a través de bandas, como se muestra en la Figura 2.6b.

Torre del rascador hidráulico

La torre del rascador hidráulico se indica en la Figura 2.7, contiene la pala, la cual realiza la descarga del producto, que se encuentra en estado sólido en las paredes de la canasta de la centrifugadora.



Figura 2.7. Torre del Rascador de la Centrifuga.

Funciona mediante pistones de doble efecto hidráulicos, para lograr cumplir su ciclo, es necesario ubicar los sensores de proximidad, los cuales estaban averiados, a la torre se le realizó limpieza, recubrimiento con pintura y reajuste de las cañerías para hacer circular el fluido hidráulico hacia los cilindros de doble efecto.

Cilindros de doble efecto hidráulicos.

Los cilindros de doble efecto hidráulicos son los encargados de abrir y cerrar la tapa de la centrifugadora, (Figura 2.8) la tapa dispone de 2 cilindros de doble efecto, una a cada lado, se realizó limpieza y recubrimiento con pintura, para su control dispone de una válvula de 4 vías/3 posiciones. La cual permite el paso y extracción de fluido hidráulico para la apertura o cierre de la tapa. El rascador también dispone de cilindros de doble efecto los cuales se indican en la Figura 2.7 y Figura 2.9, ayudan al rascador a moverse en distintas posiciones para realizar el ciclo de descarga, los cilindros son controlados cada uno por electroválvulas de 4 vías/3 posiciones. También se les retiró el óxido y luego recubrimiento con pintura.



Figura 2.8. Cilindro de doble efecto (lado izquierdo) para apertura y cierre de la tapa.



Figura 2.9. Cilindro que controla el giro del rascador.

Refrigeración del sistema hidráulico

Se instaló un nuevo motor acoplado a su eje un aspa (ventilador) y un radiador constituido por un serpentín de cañerías que pasan a través de agujeros en una pila de aletas delgadas de chapa, de modo que el núcleo pueda perder calor rápidamente gracias al aire más frío que pasa a través de ésta. El radiador precisa de un flujo constante de aire proporcionado por el ventilador para enfriarse adecuadamente como se indica en la Figura 2.10.

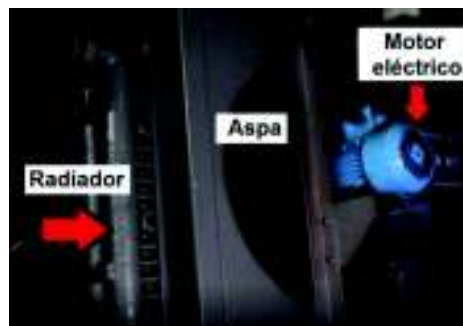


Figura 2.10. Sistema de refrigeración del fluido hidráulico.

Se presenta las características del radiador instalado, el radiador elegido cumple con los parámetros requeridos para enfriar el fluido hidráulico de acuerdo a las características del aceite usado y la presión a la cual está sometido el sistema hidráulico.

Tabla 2.2. Características del radiador para refrigeración del sistema hidráulico [19].

Rango de rpm	1000-2200
Máxima temperatura de aceite	130 °C
Viscosidad del aceite	2000 mm ² /s
Presión de servicio	16 bar
Máxima presión de servicio del motor hidráulico	300 bar
Presión nominal de servicio continuo	250 bar

Red de distribución de fluido hidráulico

El sistema hidráulico es el encargado de proporcionar el movimiento de la canasta de la centrifuga, movimiento del rascador para descarga del producto y movimiento de la tapa. En él se presenta algunas fugas de líquido hidráulico en los acoples de las mangueras, el sistema en su mayoría esta funcional a excepción del intercambiador de calor o enfriador, para el cual se planteó la solución anteriormente, a continuación se describirá algunos de los componentes. La red de distribución del fluido hidráulico está compuesta por mangueras y cañerías (Figura 2.11), para garantizar la presión y velocidad del fluido hidráulico en todos los puntos de uso.

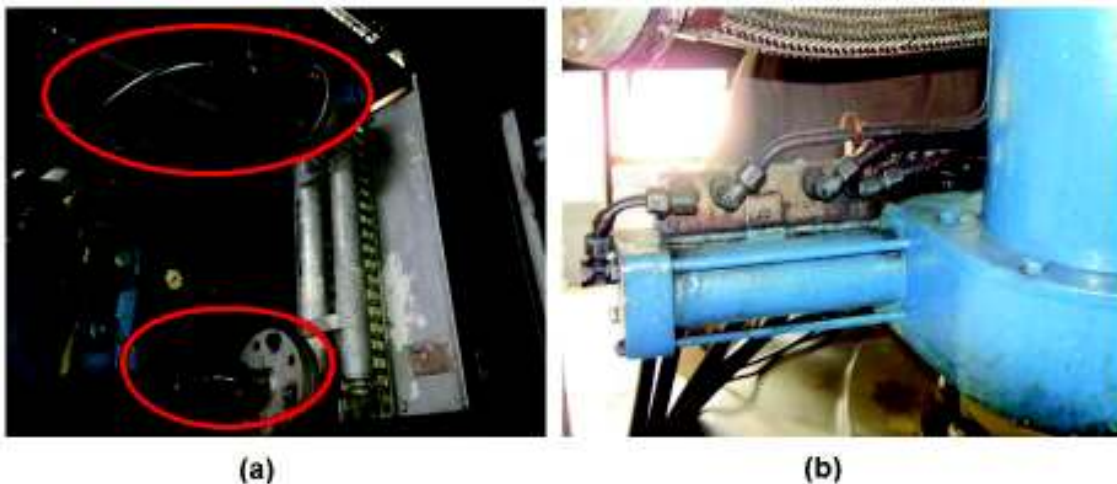


Figura 2.11. (a) Mangueras de conexión al radiador de enfriamiento, (b) Cañerías de conexión a los pistones de la torre del rascador.

En vista de que algunas mangueras presentan fugas en sus acoples, se realizó la sustitución completa de cada una, en cuanto a las cañerías que presentaban fugas en sus juntas, únicamente se realizó la sustitución del sello mecánico.

Electroválvulas

En los circuitos hidráulicos las válvulas de control direccional, llamadas válvulas de vías o válvulas direccionales son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra, permitiendo o bloqueando el paso de fluido hidráulico al tanque o actuador (Figura 2.12).

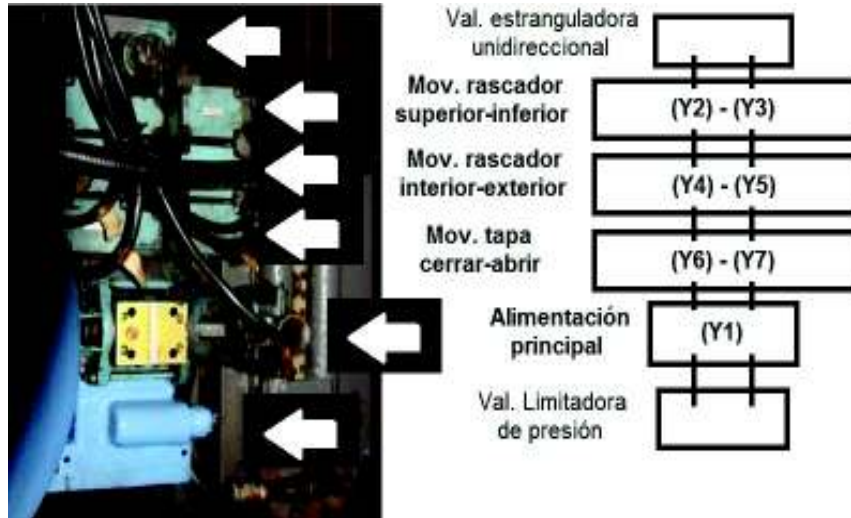


Figura 2.12. Electroválvulas para el control de los cilindros hidráulicos y electroválvula principal de paso.

Las electroválvulas de las filas 1 (Y2-Y3) y 2 (Y4-Y5) iniciando desde la parte superior, controlan el movimiento del rascador, la electroválvula de la fila 3 (Y6-Y7), controla el movimiento de la tapa y son electroválvulas de 4 vías, 3 posiciones, mientras que la electroválvula de la última fila permite el paso del líquido hidráulico al circuito y es una electroválvula 2 vías, 2 posiciones (Alimentación principal), con retorno por muelle, finalmente en color celeste, la válvula limitadora de presión. En la parte superior se tiene la válvula estranguladora unidireccional para el control de flujo la cual puede ser regulada colocando la llave únicamente.

En la Tabla 2.3 se muestran las características de las electroválvulas usadas para el control del rascador y de la tapa:

Tabla 2.3. Características de las electroválvulas [12].

Tipo	4 WE 6 E52/BW220RNEX
Voltaje	220V AC
Corriente	0.06 A
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP 65

La electroválvula que permite el paso de fluido para la operación normal de la canasta de la centrifuga se encontró parcialmente dañada (Figura 2.13), se procedió a desmontar la unidad y a probar el accionamiento de los solenoides (Y8-Y9), encontrando que uno de ellos no accionaba (Y8). La solución fue reemplazar la electroválvula por completo por una de las mismas características, para lograr la operación normal de la centrifuga. Las demás electroválvulas estaban operables.

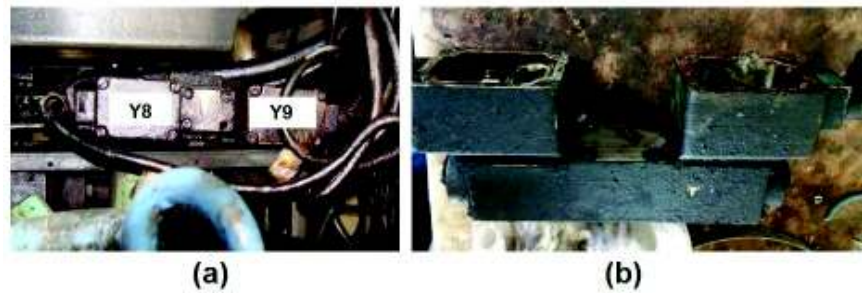


Figura 2.13. (a) Electroválvula de control direccional, para operación normal (Y8) y frenado (Y9) de la canasta de la centrifuga. (b) Previa a la prueba de funcionamiento.

Sensores de proximidad

Se desconoce el modelo de sensor colocado originalmente en la centrifugadora, debido a que no se encontraban en su posición de funcionamiento, se optó por colocar nuevos sensores los cuales son de proximidad inductivos por sus características de funcionamiento y aplicaciones. Estos dispositivos funcionan en base a la acción de un campo magnético generado por una bobina enrollada en un núcleo de ferrita, el cual es modificado al acercarse un objeto metálico ferroso, que en este caso es el eje de la pala del rascador el cual no puede tener contacto físico con objetos externos ya que se puede provocar fallos por atascamiento en la torre del rascador, motivo por el cual se usó este tipo de sensores. Estos sensores tienen como propósito realizar el ajuste de la posición de un objeto ubicado a una determinada distancia (Figura 2.14).

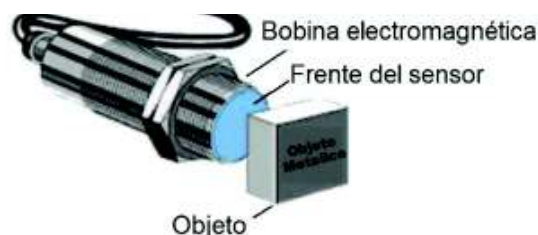


Figura 2.14. Sensor de proximidad Inductivo [20].

En la torre del rascador se colocó cuatro sensores inductivos para indicar la posición del rascador en el ciclo de descarga. Los sensores inductivos a ser instalados se indican en la Figura 2.15.



Figura 2.15. Sensor de Proximidad inductivo de 3 hilos, Catalogo Nux Hanyoung
(Proximity Sensors)

En la Tabla 2.4 se indican las características de los sensores de proximidad inductivos a usarse en la operación de la torre del rascador.

Tabla 2.4. Características del sensor de proximidad HYP-8R-1.5NA [21].

Modelo	HYP-8R-1.5NA
Voltaje	10-30 Vdc
Diámetro	8mm
Rango de sensado	1.5mm
PNP/NPN	NPN N.O.
Frecuencia de respuesta	800 Hz
Protección	IP 67

Las características del sensor de proximidad inductivo, para indicar cuando la tapa está cerrada y se pueda iniciar el proceso se indica en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Características del sensor de proximidad HYP-12R4AA/AC [21].

Modelo	HYP-12R4AA/AC
Voltaje	110 - 240 Vac
Diámetro	12 mm
Rango de sensado	4 mm
PNP/NPN	NPN N.O.
Frecuencia de respuesta	20 Hz
Protección	IP67

Ubicación de los sensores en el rascador hidráulico

El rascador funciona mediante pistones de doble efecto hidráulicos (Figura 2.7 y Figura 2.9), para lograr cumplir su ciclo es necesario ubicar los sensores de proximidad en las posiciones mostradas en la Figura 2.16.

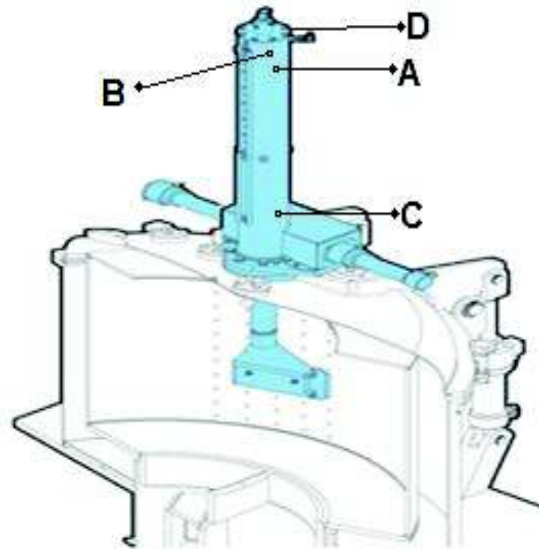


Figura 2.16. Torre del Rascador de la Centrifuga y ubicación de los sensores de proximidad inductivos [22].

El rascador si dispone de los orificios para que los sensores puedan ser colocados y para que realicen su función. En la torre del rascador se ubicaron los sensores de proximidad inductivos HYP-8R-1.5NA, indicados en la Figura 2.17, se tuvo que construir una platina para sujetar cada uno de los sensores al chasis del rascador, y se sujetó el conjunto con tornillos a su posición de funcionamiento.

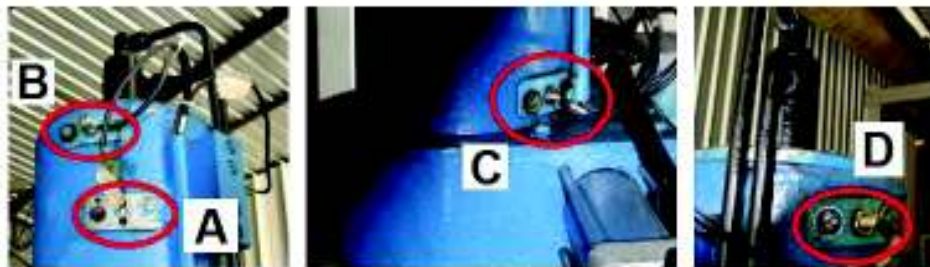


Figura 2.17. Ubicación de los sensores en los orificios de la torre del rascador.

Conexión de los sensores inductivos ubicados en la torre del rascador

Con respecto a los sensores de proximidad inductivos ubicados en la torre del rascador Figura 2.16, en vista de que no es posible realizar la conexión directa del sensor a las entradas del PLC, debido a que sus entradas son tipo PNP, y el sensor es tipo NPN, se usó un relé de 24 VDC (bobina). Para realizar la conexión de los sensores de proximidad de 3 hilos se realizó el diagrama de conexión mostrado en la Figura 2.18 y se tomará un contacto del relé como entrada del PLC S7-1200.

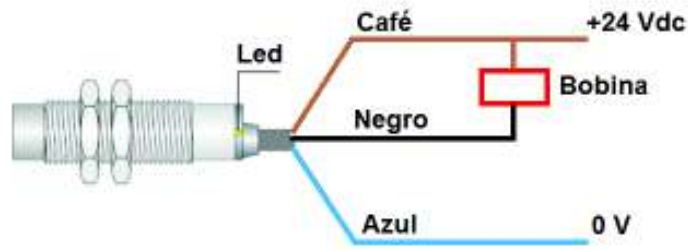


Figura 2.18. Conexión del sensor de proximidad de 3 hilos, HYP-8R-1.5NA

Ubicación del sensor en la tapa de la centrifugadora

Para iniciar la operación, es importante que la tapa de la centrifuga este cerrada, razón por la cual es necesario conocer la posición actual en la que se encuentra tapa. En la estructura de la centrifuga se ha colocado un sensor inductivo para indicar si la tapa está cerrada. En la Figura 2.19, se indica la ubicación del sensor de proximidad magnético.

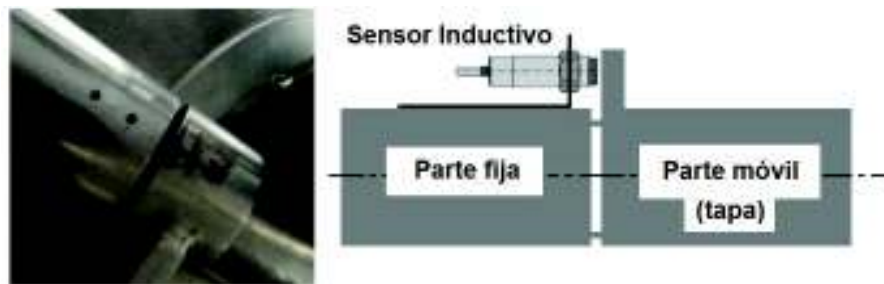


Figura 2.19. Ubicación del sensor de proximidad inductivo que indica, tapa cerrada.

Conexión del sensor inductivo ubicado en la cubierta de la centrifugadora

La conexión del sensor de proximidad HYP-12R4AA/AC de 2 hilos al PLC se realizó con un relé 220VAC (bobina) para detección de la tapa cerrada (Figura 2.19), y se indica en la Figura 2.20, se usará un contacto del relé como entrada del PLC S7-1200.

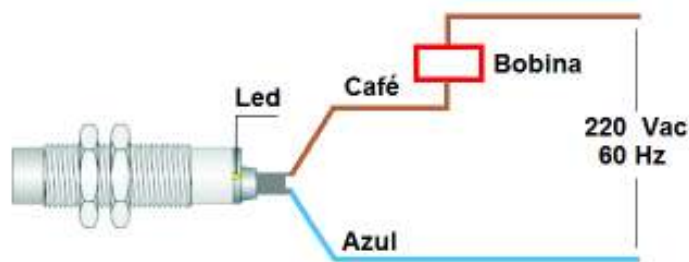


Figura 2.20. Conexión del sensor de proximidad de 2 hilos, HYP-12R4AA/AC (220 VAC).

Switch de Vibración

El switch de vibración emplea un mecanismo sin fricción y con un ajuste graduado, estas unidades proporcionan una vibración y protección de choque confiables para la maquinaria, al accionar y enganchar un interruptor interno, si la vibración o choque, excede el punto de ajuste. Un tornillo de enclavamiento externo proporciona un ajuste preciso (Figura 2.21) cuando se dispara, el mecanismo se puede restablecer manualmente presionando el botón de reinicio “RESET”. El dispositivo cuenta con un contacto normalmente abierto (N.A.) y un contacto normalmente cerrado (N.C.), de los cuales se usó el contacto N.C. para la conexión al circuito de control.



Figura 2.21. Switch de vibración, regulación y reset para el enclavamiento (Metrix Instrument CO) [12].

El switch de vibración, está ubicado en la parte inferior de la estructura de la centrifuga como se indica en la Figura 1.18b. Se desmonto el switch, se procedió a retirar la oxidación que tenía en su carcasa, se recubrió con pintura y se volvió a colocar en su posición de funcionamiento.

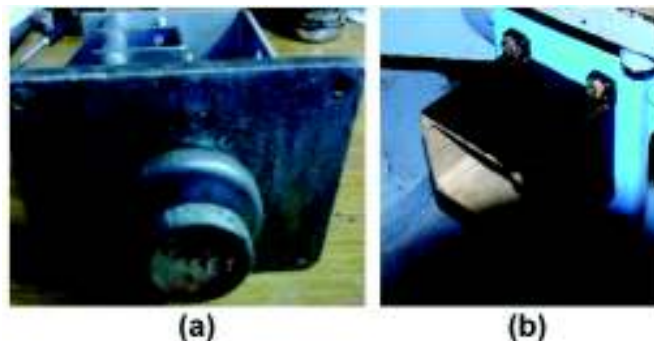


Figura 2.22. (a) Switch de Vibración. (b) Ubicación del switch de vibración en la centrifugadora.

Las Características de Switch de Vibración se indican en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Características del Switch de Vibración [12].

Modelo	Metrix 5097-10
Bobina de reset	No
Encapsulado	A prueba de agua/ Nema 3,4,5
Material	Aluminio, 3.2 lbs
Rango de Vibración	0-5 g's ó 0-10 g's @ 0-200 Hz
Temperatura de Operación	-40 C a 120 C

Tacogenerador para medición de velocidad.

El tacogenerador se usa para medir la velocidad de giro de la canasta. Anteriormente la velocidad era visualizada en un indicador analógico (Figura 2.23), el cual se encontraba fuera de operación.



Figura 2.23. Indicador de velocidad.

Para poder mostrar la velocidad de giro de la canasta de la centrifugadora en el panel táctil, y tomar el valor analógico de voltaje con el PLC, fue necesario realizar un acondicionamiento de la señal con amplificadores operacionales, debido a que el voltaje del tacogenerador es voltaje alterno en un rango de 0-20 voltios AC, cuando la centrifuga gira a velocidades en el rango de 0 a 1000 RPM y con una corriente muy pequeña. El tacogenerador se encontraba en condiciones operables, se realizó limpieza, lubricación y reajuste en sus bornes. En la Figura 2.24 se indica el tacogenerador empleado.



Figura 2.24. Tacogenerador para medición de velocidad.

Acondicionamiento de la señal del tacogenerador

A continuación, en la Tabla 2.7 se presenta la velocidad de giro del tacogenerador y la respuesta del voltaje obtenida en los terminales, para así poder realizar el acondicionamiento de la señal generada.

Tabla 2.7. Velocidad vs. Voltaje del tacogenerador

Nº	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE TACOGENERADOR (V)
1	0	0
2	100	1,37
3	200	2,81
4	300	4,17
5	400	6,77
6	500	8,14
7	600	10,65
8	700	11,74
9	800	14,20
10	900	15,64

Dado que el voltaje es alterno, se procedió a realizar la rectificación del mismo. Para calcular el voltaje rectificado por el puente de diodos se utiliza la Ecuación 2.1 [23]:

$$V_{DC} = 2 * \frac{(V_{max} * \sqrt{2} - V_D)}{\pi}$$

Ecuación 2.1. Voltaje rectificado.

$$V_{max} = 20 \text{ VAC y } V_D = 1.4 \text{ (Caida de voltaje en puente de diodos)}$$

$$V_{DC} = 2 * \frac{(20 * \sqrt{2} - 1.4)}{\pi}$$

$$V_{DCIN} = 17.11 V = V_1$$

Existe un voltaje de rizado, donde es necesario un capacitor para la reducción de este. El cálculo del capacitor se determina a partir de la Ecuación 2.2 [24], como se indica a continuación.

$$C = \frac{1}{4fF_R R_l} * 100$$

Ecuación 2.2. Capacitor de rizado.

Se considera: $R_L = 100\Omega$ $F_R = 10\%$ $f = 60Hz$

$$C = \frac{100}{4 * 60 * 10 * 100} = 0.416mF$$

Normalizando: $C = 1\mu F$

Después se realizó el acondicionamiento de la señal con un amplificador operacional LM324 el cual es alimentado con la misma fuente del HMI que es de 24 VDC. El voltaje máximo de salida que puede dar el operacional es 10 voltios ya que este es el soportado por la entrada analógica del PLC.

$$V_{out} = 10 VDC$$

Se tiene la Ecuación 2.3 [25], para el diseño del amplificador operacional diferencial (Figura 2.25).

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} * (V_1 - V_2)$$

Ecuación 2.3. Voltaje de salida del amplificador operacional.

Si: $R_1 = R_3$ y $R_4 = R_2$

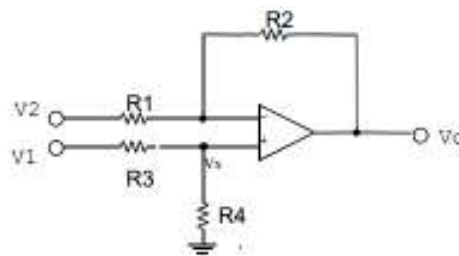


Figura 2.25. Amplificador Operacional en configuración diferencial [23].

Reemplazando los datos y realizando las operaciones:

$$10 = \frac{R_2}{R_1} * (17.11 - V_2) \text{ Si } V_2 = 0$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 0.585 \text{ Si } R_1 = 10k\Omega$$

$$R_2 = 5,84 k\Omega$$

$$\text{Normalizando: } R_2 = 5,6 k\Omega$$

Teniendo como resultado los valores de las resistencias a usar:

$$R_4 = R_2 = 5,6 k\Omega \text{ y } R_1 = R_3 = 10k\Omega$$

El acondicionamiento de la señal emitida por el tacogenerador se indica en la Figura 2.26, se realizó un circuito con amplificadores operacionales en su configuración diferencial. El circuito de acondicionamiento tiene las siguientes etapas, rectificación, filtrado, amplificación y salida de 0-10 VDC para el PLC.

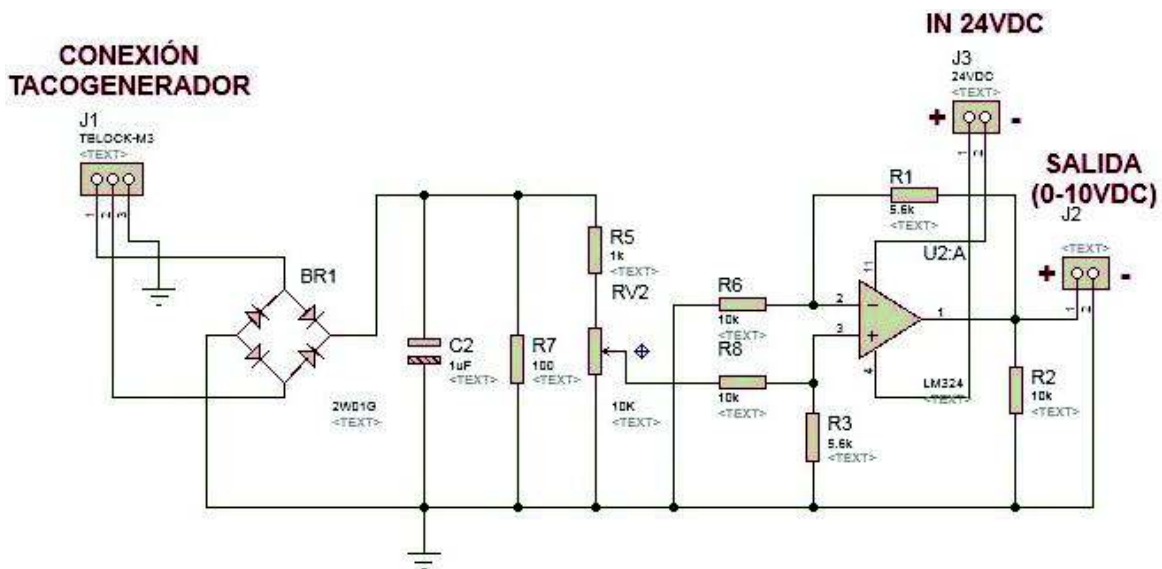


Figura 2.26. Circuito de acondicionamiento para la señal del tacogenerador.

El tacogenerador está acoplado mediante una banda, al eje de la bomba hidráulica de pistones axiales y mediante bandas se acopla también al eje de la canasta (Figura 2.27).



Figura 2.27. Acople del tacogenerador al eje de la bomba hidráulica de pistones axiales para la medición de velocidad.

Medición de Nivel

La medición de nivel es una técnica empleada en una gran variedad de aplicaciones. Con independencia de la sustancia, los sensores ultrasónicos detectan prácticamente todos los materiales, es decir, podrá controlar el nivel de llenado del depósito de ácido acético.

La medición de nivel se realiza en el tanque de ácido acético de dimensiones 1,94 m de altura y 1,73 m de diámetro, que se usa para lavar el producto y la centrifugadora, el sensor ultrasónico que se usa es el LV-Maxsonar-EZ-MB1000 indicado en la Figura 2.28.



Figura 2.28. Sensor ultrasónico LV-Maxsonar-EZ-MB1000 [26].

La ubicación del sensor se indica en la Figura 2.29. Como el sensor puede medir el nivel en contenedores cerrados fue necesario introducir el sensor en el contenedor. Para ello, se abrió un orificio de 16,4 mm en la tapa del contenedor.

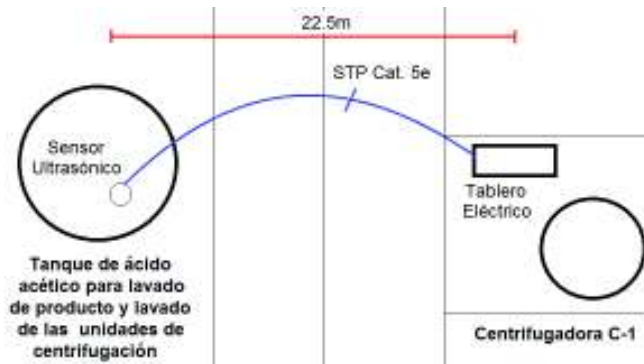


Figura 2.29. Ubicación e instalación del sensor ultrasónico LV-Maxsonar-EZ-MB1000

Las características del sensor se indican en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Características del sensor ultrasónico LV-Maxsonar-EZ-MB1000 [26].

Modelo	LV-Maxsonar-EZ-MB1000.
Voltaje	2.5 – 5.5 Vdc
Diámetro	16.4 mm
Rango de sensado	0 – 5 m
Temperatura de operación	0 – 60 Celsius
Salida analógica	0-5 Vdc @ 5 Vdc

Acondicionamiento de la señal del sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico da una señal de voltaje variable de 0 a 5 VDC, este deberá ser normalizado en el rango de 0 a 10 VDC, que es el valor de voltaje con el cual trabajan entradas analógicas del PLC. A continuación en la Tabla 2.9, se indica las mediciones de nivel de ácido acético las cuales se realizaron con un flexómetro y el voltaje obtenido del sensor mediante un multímetro.

Tabla 2.9. Distancia vs. Voltaje de salida del sensor ultrasónico

Nº	DISTANCIA (m)	VOLTAJE S. ULTRASÓNICO (V)
1	0	0,009
2	0,3	0,399
3	0,6	0,679
4	0,9	0,974
5	1,2	1,223
6	1,5	1,530
7	1,8	1,810
8	2,1	2,001

La normalización de la señal de voltaje, se lo realiza mediante un amplificador operacional LM324 el cual es alimentado con una fuente de 12 VDC. Los 12 VDC son obtenidos a

través de un regulador de voltaje LM7812, de la misma manera también se obtiene 5 VDC provenientes de un regulador de voltaje LM7805 para la alimentación del sensor ultrasónico, ambos reguladores de voltaje se alimentan de 24V DC proveniente de la fuente de DC del PLC.

EL valor máximo de voltaje de entrada al amplificador operacional será el máximo que arroje el sensor ultrasónico el cual será de 5 VDC y el voltaje máximo de salida que puede dar el operacional es 10 VDC, como valor de voltaje normalizado.

$$V_{OUT} = 10 \text{ VDC}$$

$$V_{IN} = 5 \text{ VDC} = V_1$$

Según la Ecuación 2.3 [25], para el diseño del amplificador operacional diferencial (Figura 2.25).

$$V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1} * (V_1 - V_2)$$

$$\text{Si: } R_1 = R_3 \text{ y } R_4 = R_2$$

Reemplazando los datos y realizando las operaciones:

$$10 = \frac{R_2}{R_1} * (5 - V_2) \text{ Si } V_2 = 0$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 2 \text{ Si } R_1 = 10k\Omega$$

$$R_2 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Normalizando: } R_2 = 22 \text{ k}\Omega$$

Teniendo como resultado los valores de las resistencias a usar:

$$R_4 = R_2 = 22 \text{ k}\Omega \text{ y } R_1 = R_3 = 10k\Omega$$

El acondicionamiento de la señal emitida por sensor ultrasónico se indica en la Figura 2.30, se realizó un circuito con un amplificador operacional en su configuración diferencial.

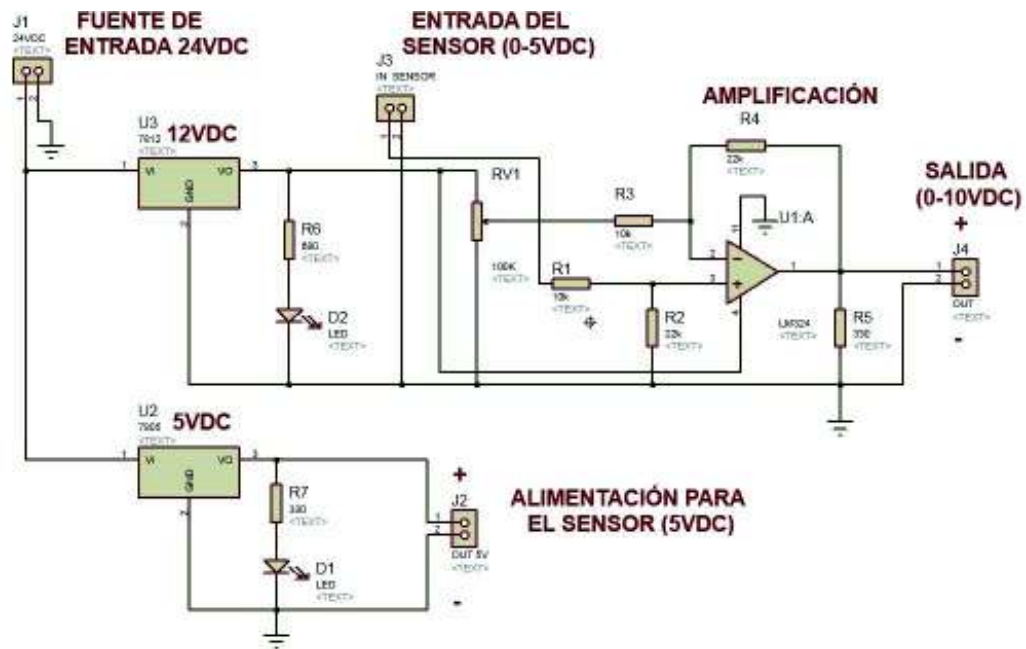


Figura 2.30. Circuito de acondicionamiento para la señal del sensor ultrasónico.

El circuito de acondicionamiento tiene las siguientes etapas, reducción del voltaje a 12 y 5 VDC, amplificación, salida de 0-10 VDC para el PLC.

Sistema Eléctrico de Potencia

En la Figura 2.31 se muestra el diagrama unifilar del circuito de potencia con los motores que interactúan en el proceso.

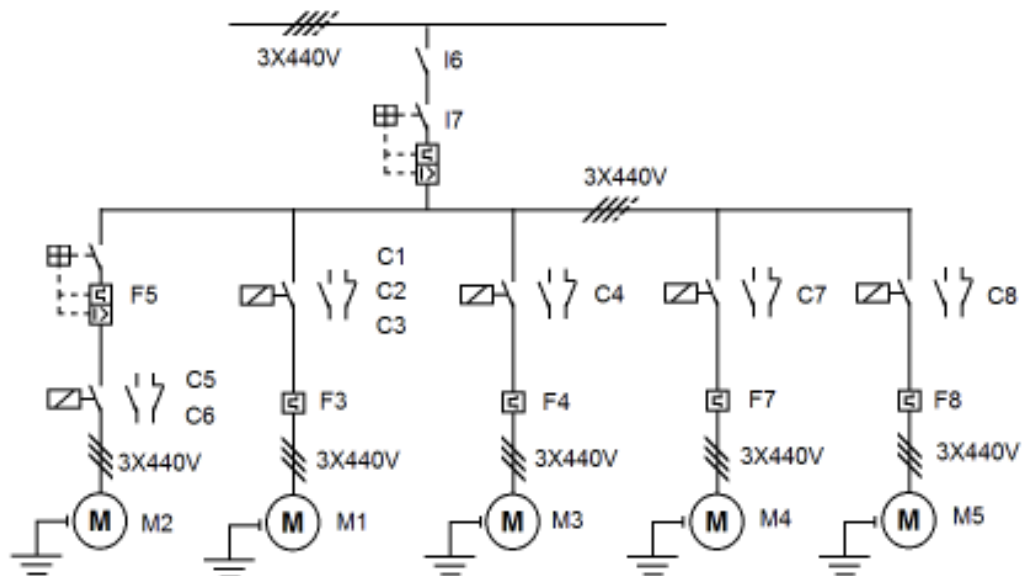


Figura 2.31. Diagrama unifilar del circuito eléctrico de potencia.

La parte eléctrica de potencia está conformada por un motor que trabaja como bomba hidráulica principal (M1), un motor que trabaja con la bomba hidráulica de caudal variable (M2), un motor para el intercambiador de calor (M3), un motor que hace la función de bomba para la carga de producto (M4), y un motor que hace la función de bomba para el líquido con el cual se lava el producto y la centrifuga (M5), todo los motores mencionados son trifásicos.

Bomba Hidráulica

El motor eléctrico que conforma la bomba hidráulica (Figura 1.24), se encontró cubierta con polvo y óxido, por la cual se realizó limpieza, verificación de rotación del rotor mediante el movimiento manual y se recubrió con pintura. Adicionalmente en la parte eléctrica se realizó la identificación de los cables debido a que se presentaban 6 terminales en la bornera del motor. Las características del motor eléctrico que hace de bomba se indican en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10. Características del motor trifásico de la bomba hidráulica [12].

Voltaje	380/440V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	22 Kw
Fases	3 fases
Cos φ	0.85
RPM	1500

Motor para el ventilador

Este sistema de enfriamiento está constituido por el radiador y el ventilador, el cual se encontraba en malas condiciones, motivo por el cual se instaló un nuevo motor que lleva acoplada una hélice en su eje (Figura 2.32) y que extrae el calor del radiador para refrigerar el fluido hidráulico.

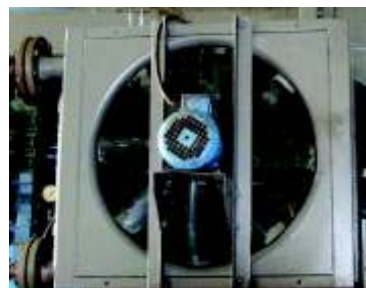


Figura 2.32. Sistema de refrigeración del fluido hidráulico.

Las características del motor usado para acoplar la hélice, que se encarga de extraer el calor contenido en el radiador, se indican en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Características del motor trifásico del ventilador [12]

Voltaje	380/440V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	3/4 HP
Fases	3 fases
RPM	1800

Motor de la bomba de caudal variable

Este motor eléctrico funciona en conjunto con la bomba hidráulica de caudal variable que se indica en la Figura 2.33, la cual se encarga de regular el caudal de paso, hacia la bomba hidráulica de pistones axiales, la cual convierte la energía del fluido en movimiento circular.

El motor eléctrico mueve un pivote en el interior de la bomba hidráulica de caudal variable y funciona con los sentidos de giro horario y antihorario. Al mover el pivote, también se mueve el eje móvil, que acciona los finales de carrera que indican determinada velocidad de giro de la canasta de la centrifugadora.



Figura 2.33. Motor de la bomba hidráulica de caudal variable.

En la Tabla 2.12 se indican las características del motor eléctrico de la bomba de flujo variable.

Tabla 2.12. Características del motor eléctrico de la bomba de flujo regulable [12].

Voltaje	380/440V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	1.5 HP
Fases	3 fases
RPM	1800

Con el motor también se realizaron pruebas de funcionamiento, haciendo mover el eje en los dos sentidos de giro, horario y antihorario, comprobando que este operable.

Bomba para Carga

Se usa un motor eléctrico trifásico como bomba para enviar el producto (ácido acetilsalicílico) a la centrifugadora, desde el reactor en el cual se prepara el producto. El motor se encuentra en condiciones operables, se realizó limpieza y el cebado debido a que se encontraba detenida. Se realizó las pruebas de funcionamiento comprobando que la bomba funcione.

El motor tiene las características mostradas en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13. Características del motor eléctrico de la bomba para carga [12].

Voltaje	380/440V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	1.5 HP
Fases	3 fases
RPM	1800

Bomba para lavado

Se usa un motor eléctrico trifásico como bomba para enviar ácido acético a la centrifugadora, en caso de que haya vibración excesiva, se usa el ácido para balancear el producto dentro de la canasta o para enviar el ácido para el lavado de producto y lavado de la canasta durante el proceso, se realizó limpieza y se cebado de la bomba, se realizaron las pruebas de funcionamiento para comprobar la funcionalidad de la misma.

El motor tiene las características mostradas en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14. Características del motor eléctrico de la bomba para lavado [12].

Voltaje	380/440V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	1.5 HP
Fases	3 fases
RPM	1800

Circuito para carga de ácido acetilsalicílico y ácido acético.

El ácido acético y el ácido acetilsalicílico se encuentran en ubicaciones diferentes, por lo que se debe usar una bomba para cada uno denominadas, M4 es usada para cargar la centrifugadora con ácido acetilsalicílico, M5 para enviar el ácido acético a la centrifugadora que es usada para lavado del ácido acetilsalicílico (producto) y lavado de la canasta, mientras que la bomba M6 sirve para recircular el ácido acetilsalicílico en el reactor (Figura 2.34). El ácido acetilsalicílico es un componente químico muy corrosivo, tiende a adherirse

a las artes móviles. Al finalizar el proceso es necesario limpiar los conductos con ácido acético, haciendo un vacío con las bombas M4 y M5, con el siguiente arreglo de válvulas abiertas para el reactor S1, S7, S8 y S9 (Figura 2.34).

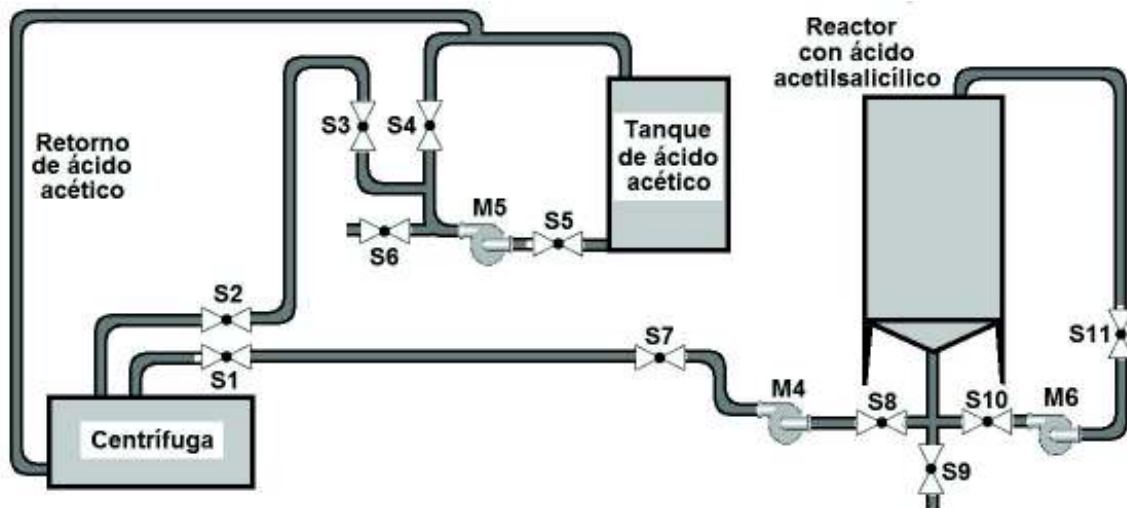


Figura 2.34. Esquema de carga de ácido acetilsalicílico y ácido acético.

En la Figura 2.35, se puede apreciar el efecto que provoca el producto químico (ácido acetilsalicílico) al pasar a través de las válvulas tipo globo, usadas en el circuito de carga a la centrifugadora. Por esta razón se negó el uso de electroválvulas para la automatización, por parte de DAN QUIMICA C. A. El producto tiende a adherirse en partes móviles formando cristales en sus alrededores, lo que provoca el atascamiento en las válvulas motivo por el cual se realizó limpieza y verificación de funcionamiento



Figura 2.35. Resultados de la circulación de ácido acetilsalicílico a través de las tuberías y válvulas tipo globo.

Tuberías para transporte de ácido acetilsalicílico y ácido acético.

Las tuberías empleadas para el transporte de ácido acetilsalicílico (producto) y ácido acético (líquido madre) son tuberías de 2" de diámetro y de acero inoxidable, cada unión de las tuberías se realiza con suelda o se colocan acoples para prolongarlas (Figura 2.36).

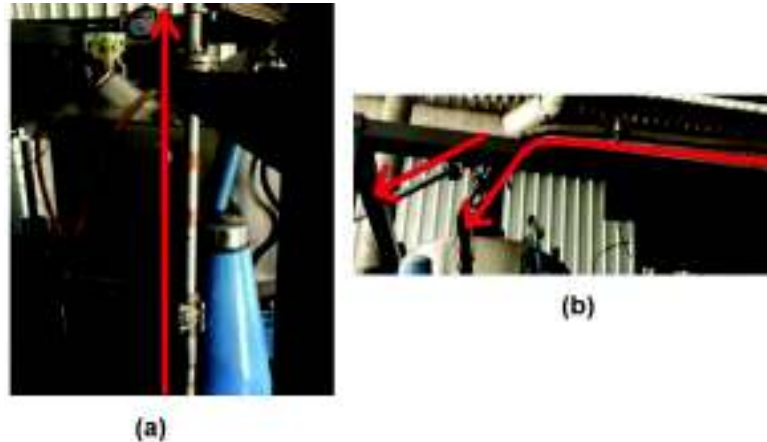


Figura 2.36. (a) Tubería para transporte de ácido acético (b) tuberías para transporte de ácido acetilsalicílico.

Apertura de válvulas para iniciar el proceso

Para realizar la carga de ácido acetilsalicílico (producto), es necesario tener abiertas las válvulas de globo, S1, S7 y S8. Mientras que para dar paso al ácido acético (líquido madre) hay que abrir las válvulas S2, S3 y S5 (Figura 2.34).



Figura 2.37. Tuberías de ingreso de ácido acético y tubería de ingreso de ácido acetilsalicílico en la canasta de la centrifugadora.

El operario debe realizar estos pasos previos debido a que las válvulas son manuales. En la Figura 2.37, se indica las tuberías por donde se descarga el producto (ácido acetilsalicílico) y el líquido madre (ácido acético) a la canasta de la centrifugadora.

2.2 Construcción del tablero de control

El tablero de control es el que contiene los elementos necesarios para realizar la automatización del proceso de centrifugación, debido a que el sistema estaba inactivo, el tablero necesita ser reemplazado y el circuito de control rediseñado ya que se encontraba en pésimas condiciones.

Diseño del tablero eléctrico

Para la selección del tablero primeramente fue necesario tomar en cuenta todos los elementos que iban a ser contenidos en él.

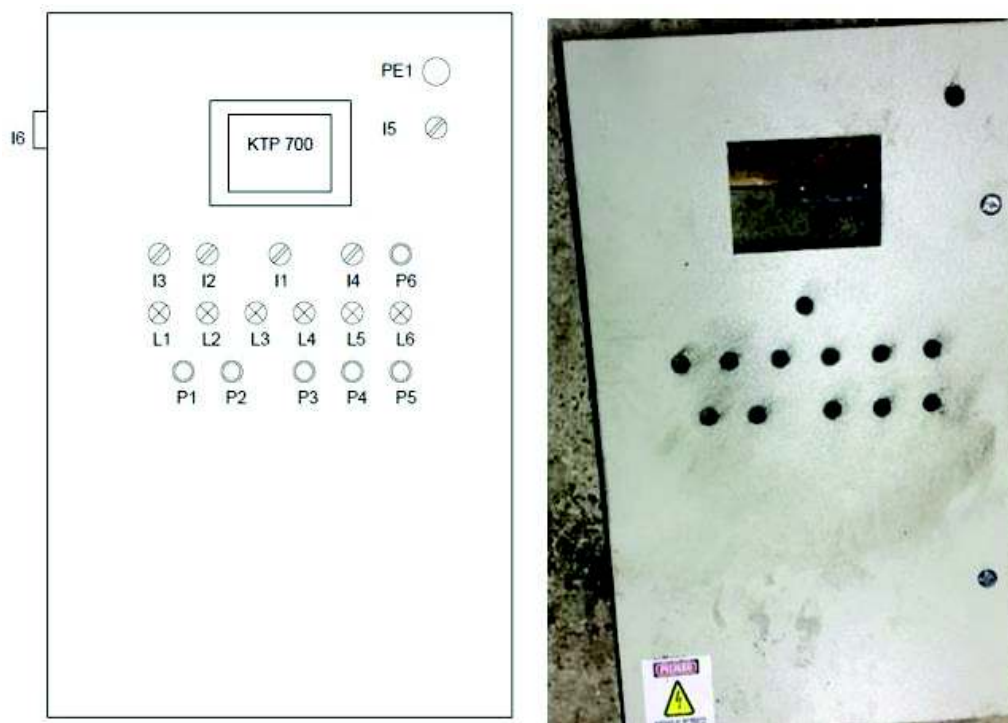


Figura 2.38. Construcción del tablero.

En la Figura 2.38 se indica la realización de agujeros en la tapa del tablero eléctrico para colocar los elementos de maniobra y el Panel Tactil KTP-700.

Se diseñó la parte eléctrica de control, se realizaron los respectivos diagramas de conexión y señalización, luego se seleccionaron los elementos a ser montados en el tablero (Figura 2.39).

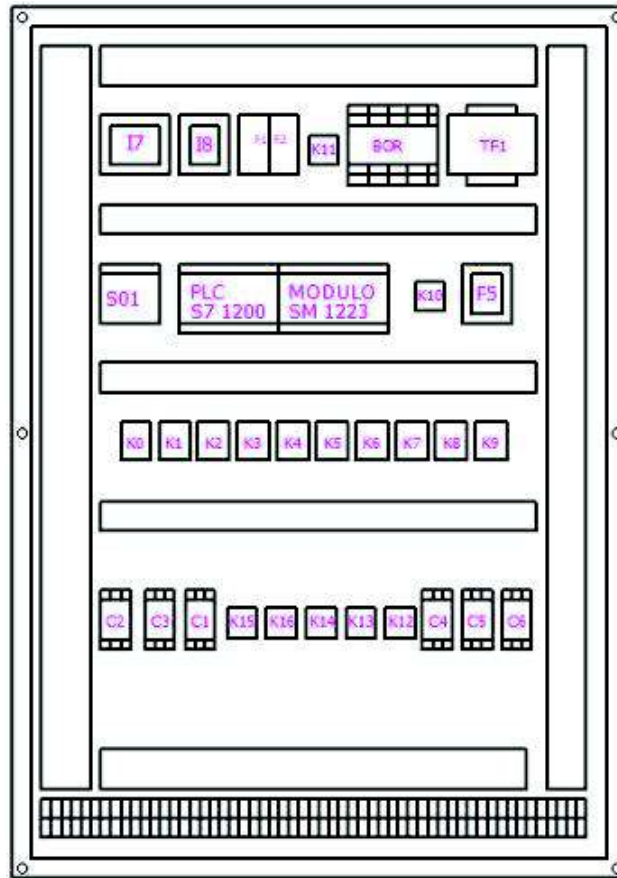


Figura 2.39. Ubicación de los elementos que conforman el tablero de control principal.

Los elementos colocados en el tablero fueron:

Interruptor de seccionamiento de alimentación.

Interruptor de encendido y protección de la parte eléctrica de potencia.

Interruptor de encendido y protección de la parte eléctrica de control.

Fusibles de protección.

Bornera para líneas equipotenciales.

Transformador de aislamiento.

Fuente de 24VDC para el touch panel y las entradas del PLC, módulo de extensión.

Controlador PLC S7-1200 y el módulo de extensión de entradas y salidas.

Reles para manejar la parte eléctrica de potencia, electroválvulas, sensores de proximidad.

Guardamotor para protección de la bomba hidráulica que regula la velocidad.

Contactores para maniobra de los motores.

Relés térmicos de protección.

Toch Panel KTP 700 Basic.

Pulsadores, selectores, luces piloto.

Borneras de conexión para los elementos de la centrifuga.

Alimentación de los circuitos de mando.

Para la alimentación del circuito de mando se usó un transformador (Figura 2.40). En el circuito de mando la alimentación no deberá exceder los 277 V, el voltaje medido a la salida del transformador es de 269 V y dispone de su respectiva protección contra sobre intensidades. El transformador de aislamiento ayuda a separar la parte de potencia y la de control, también tiene el objetivo de reducir el voltaje de entrada, a la mitad para alimentar los equipos del circuito de control.

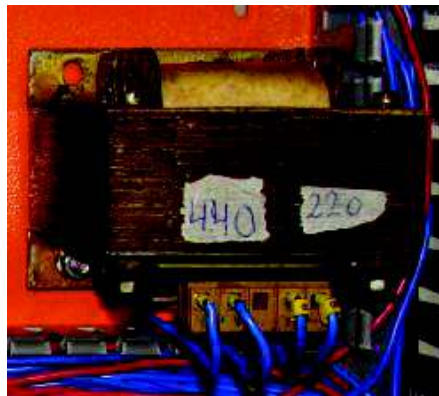


Figura 2.40. Transformador de aislamiento.

Interfaces de operadores y dispositivos de mando

En la medida de lo posible, los dispositivos de mando montados en la máquina se diseñaron para:

- Ser de fácil acceso durante el funcionamiento normal y el mantenimiento.
- Estar montados de tal manera que se minimice la posibilidad de ser dañados por actividades tales como la manutención de materiales.
- Los órganos de accionamiento de los dispositivos de mando manual fueron seleccionados e instalados de forma que:

- ✓ Se sitúen al menos por encima de 0,6 m del nivel de servicio y sean fácilmente accesibles para el operador cuando se encuentre en su posición normal de trabajo.
- ✓ El operador no esté en situación peligrosa cuando los accione.
- ✓ Se minimice la posibilidad de ser accionados de forma inadvertida [27].

Pulsadores

Los dispositivos de accionamiento de los pulsadores están conformes con el código de colores de la Tabla 2.15 [27].

Tabla 2.15. Código de colores para los órganos de accionamiento de los pulsadores y sus significados [27].

Color	Significado	Explicación	Ejemplos de aplicación
Rojo	Emergencia	Actúa en caso de condiciones peligrosas o de emergencia	Parada de emergencia Inicio de la función de emergencia
Verde	Normal	Actúa para iniciar las condiciones normales	Función de rearme
Negro	Sin significación específica atribuida	Para un inicio general de las funciones excepto la parada de emergencia	ON/puesta en marcha OFF/parada

Operaciones de emergencia

El botón de paro de emergencia, es prioritario sobre todas las funciones y los dos modos de funcionamiento, y el rearme del paro de emergencia no permite un nuevo arranque, a menos que el operador inicie con un nuevo proceso [27]. En el tablero se colocó un pulsador de emergencia tipo hongo de color rojo.

Indicadores luminosos y visualizadores

Los indicadores luminosos y los visualizadores sirven para dar los siguientes tipos de información (Tabla 2.16) [27].

Tabla 2.16. Colores de los indicadores luminosos y sus significados con respecto a la condición de la máquina [27].

Color	Significado	Explicación	Ejemplos de aplicación
Rojo	Emergencia	Condiciones peligrosas	Acción inmediata a realizar en condiciones peligrosas. (p. e. accionamiento de la parada de emergencia)
Verde	Normal	Condiciones normales	Opcional

Dimensionamiento de los elementos de protección y maniobra

En esta sección se presenta los elementos usados para realizar las acciones de protección y maniobra para automatizar el proceso de obtención de ácido acetilsalicílico.

Dispositivos de seccionamiento de alimentación

Se seleccionó como dispositivo de seccionamiento de alimentación principal, un interruptor, sin fusibles, de acuerdo con la norma CEl 60947-3, categoría de empleo AC-23B [27], el cual se indica en la Figura 2.41. El dispositivo se colocó en el costado del tablero principal de control y es el encargado de separar el equipo eléctrico de la alimentación, dispone de una posición de “abierto” y una posición de “cerrado”. Es un dispositivo de accionamiento manual, de fácil acceso y está colocado a 1,6 m de altura.



Figura 2.41. Interruptor de seccionamiento de alimentación.

Fusibles

Los fusibles sirven para proteger las instalaciones y los receptores interrumpiendo la alimentación cuando se produce un cortocircuito o una sobrecarga, según el tipo de fusible [27]. Presentan el inconveniente de que para restablecer el funcionamiento del circuito hay que reponerlos por otros nuevos. El tiempo de fusión es una característica fundamental.

Esto da lugar a los diferentes tipos de fusibles y curvas de funcionamiento de los mismos. La norma UNE 21.013-11 contempla dos clases de fusibles para usos industriales, que son los siguientes [28]:

- Clase gl: Uso general; protegen circuitos contra todo tipo de sobrecargas, incluyendo cortocircuitos [28].

En el diseño del circuito de control se usa los fusibles de clase “gl” para protección de cortocircuitos. Se adquirió los porta fusibles para riel DIN.

Directrices del cableado del PLC S7—1200 y del circuito de control

El PLC S7-1200, como equipo que forma parte del circuito de control, está protegido por un fusible de 2 Amperios tipo “gl” de respuesta rápida frente a cortocircuitos, para limitar las corrientes de fallo en el cableado de alimentación. Para mayor protección también se dispone de un fusible limitador de sobre intensidad en los circuitos de salida. El conector del PLC acepta cables con una sección de 2 mm² a 0,3 mm², (14 AWG a 22 AWG) [15]. Para el cableado del PLC, módulo de entradas y salidas, panel táctil y circuito control, se usó cable de calibre número 14 AWG THHN.

Protección contra sobre intensidades

Cuando la intensidad de un circuito con una máquina puede exceder ya sea el valor asignado a un componente o a la intensidad admisible en los conductores que lo alimentan, deberá preverse, teniendo en cuenta el valor más bajo de ambos. El ajuste del dispositivo de protección o la intensidad asignada se determina por la intensidad admisible de los conductores a proteger por este dispositivo. Cuando los circuitos de mando están alimentados por un transformador, se requiere un dispositivo de protección contra sobre intensidades en la parte del circuito secundario [27].

Dimensionamiento de los interruptores automáticos para los circuitos de control y potencia

En general el interruptor automático, elegido para proteger una línea eléctrica deberá cumplir la siguiente condición [27].

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Donde;

I_B : Intensidad de empleo o utilización

I_n : Intensidad nominal del aparato o intensidad de ajuste en aparatos regulables.

I_Z : Intensidad máxima admisible en el conductor.

El calibre de un magnetotérmico es la intensidad nominal (I_n) y se calcula de acuerdo a la Ecuación 2.4, a partir de la cual se interrumpirá el circuito. Una vez que el magnetotérmico detecta una intensidad superior al calibre, la interrupción puede ser por efecto térmico o electromagnético dependiendo del tipo de curva y del valor de la intensidad que atraviesa el interruptor [29].

$$I_n = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Ecuación 2.4. Intensidad nominal

$I_{arr_{M1}}$ = Corriente de arranque del motor M1.

$I_{arr_{M2}}$ = Corriente de arranque del motor M2.

$I_{arr_{M3}}$ = Corriente de arranque del motor M3.

$I_{arr_{M4}}$ = Corriente de arranque del motor M4.

$I_{arr_{M5}}$ = Corriente de arranque del motor M5.

$$I_n = I_{arr_{M1}} + I_{arr_{M2}} + I_{arr_{M3}} + I_{arr_{M4}} + I_{arr_{M5}}$$

$$I_n = 50,67 A + 3,45 A + 2,30 A + 6,91 A + 6,91 A$$

$$I_n = 70,25 A$$

Para el circuito de control se tiene:

I_{fuente} = Corriente de la fuente LOGO!Power.

I_{PLC} = Corriente del PLC.

$I_{electro.}$ =Corriente de las electroválvulas.

$I_{bobinas}$ = Corriente de las bobinas de los contactores.

I_{reles} = Corriente de los reles.

$$I_n = I_{fuente} + I_{PLC} + I_{electro.} + I_{bobinas} + I_{reles}$$

$$I_n = 2,5 A + 2 A + 2 A + 2 A + 2 A$$

$$I_n = 10,5 A$$

En la Tabla 2.17 se indican los equipos seleccionados.

Tabla 2.17. Características de los magnetotérmicos.

	Marca	Tipo	Polos	Amperios	Curva	Montaje
Circuito de Potencia	Siemens	SX1	3	70	C	DIN
Circuito de Control	Siemens	SX1	2	20	C	DIN

Se seleccionó la curva C, para protección de conductores, ventajosa para dominar elevadas intensidades iniciales de la corriente de arranque de lámparas y motores (Figura 2.42).

Estos magnetotérmicos actúan entre 1,13 y 1,45 veces la intensidad nominal en su zona térmica y en su zona magnética entre $5 I_n$ y $10 I_n$, o $7 I_n$ y $10 I_n$ [29].

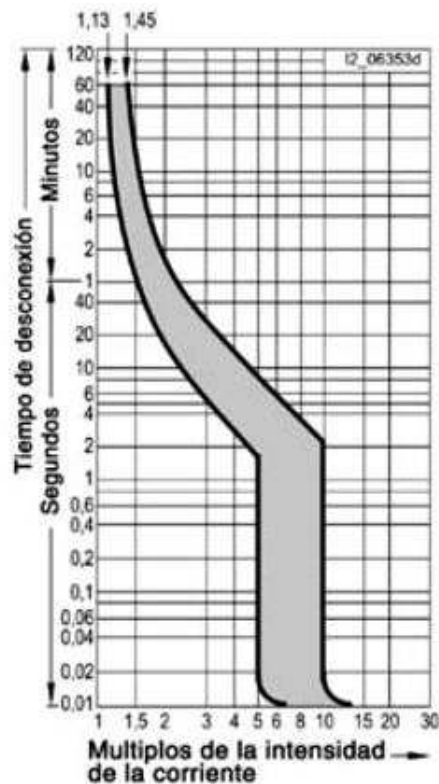


Figura 2.42. Curva característica del magnetotérmico (Curva C) [30].

Protección contra sobre cargas

Cada motor de una potencia asignada superior a los 0,5 kW, deberá estar protegido contra sobrecargas. En esta aplicación no es aceptable una interrupción del funcionamiento de los motores de las bombas y del ventilador, por lo que la detección de la sobrecarga deberá dar una señal de advertencia a la que el operador pueda responder.

Se impide el arranque de los motores ya sea que se desee operar en modo automático o manual después del accionamiento de la protección contra sobrecargas, ya que esto puede causar condiciones peligrosas o daños a la máquina [27].

Selección de los elementos de protección de sobrecarga y maniobra para los motores eléctricos.

El cálculo de la corriente nominal de los motores se realizó en base a la ecuación de la potencia activa trifásica, para la selección del contactor el criterio de seguridad considera un sobre dimensionamiento en un 25% del valor de la corriente nominal, y para la selección de la corriente del relé térmico se asumió un factor de servicio de 1,15.

El Factor de Servicio se expresa en por unidad, con valores como: 1,1; 1,15; 1,2; otros. Esto quiere decir que un motor con factor de servicio igual a 1,15; puede operar a un 115% de carga continua sin dañarse [31].

La corriente nominal del motor se calcula de acuerdo a la Ecuación 2.5.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{Cos } \phi}$$

Ecuación 2.5. Corriente trifásica.

Para la elección del contactor se tiene la Ecuación 2.6.

$$I_{\text{contactor}} = I_n * 1,25$$

Ecuación 2.6. Corriente nominal del contactor.

Para la elección del relé térmico se tiene la Ecuación 2.7.

$$I_{\text{rele}} = I_n * F.S.$$

Ecuación 2.7. Corriente de operación del relé térmico.

Tabla 2.18. Dimensionamiento de la corriente del contactor y relé térmico

Motor	HP	W	V	In	Cos φ	Icontactor	Irele
Hidráulico Δ	22,00	16412,00	440	25,34	0,85	31,67	27,870
Hidráulico Y	22,00	16412,00	440	8,45	0,85	10,56	27,870
Servomotor	0,30	246,18	440	0,38	0,85	0,48	0,418
Bomba de carga	1,50	1119,00	440	1,73	0,85	2,16	1,900
Bomba de lavado	1,50	1119,00	440	1,73	0,85	2,16	1,900
Ventilador	0,75	559,50	440	0,86	0,85	1,08	0,950

En cuanto al calibre de conductor para la conexión del circuito de potencia, se selecciona para el motor hidráulico cable #10 AWG THHN y para los demás motores cable #14 AWG THHN. A continuación se presenta en la Tabla 2.19. Las características de los contactores seleccionados para la maniobra de los motores eléctricos.

Tabla 2.19. Características de los contactores empleados.

Motor	Marca	Modelo	Bobina	Polos	In	Tipo
Hidráulico Δ	Schneider	LC1D-32	220 VAC	3	32 Amp	AC-3
Hidráulico Y	Schneider	LC1D-18	220 VAC	3	18 Amp	AC-3
Hidráulico Línea	Chint	NC1-32	220 VAC	3	32 Amp	AC-3
Servomotor G.H	Lsis	MC-9b(Q)	220 VAC	3	9 Amp	AC-3
Servomotor G.AH	Lsis	MC-9b(Q)	220 VAC	3	9 Amp	AC-3
Bomba de carga	No esp.	No esp.	220 VAC	3	9 Amp	AC-3
Bomba de lavado	No esp.	No esp.	220 VAC	3	9 Amp	AC-3
Ventilador	Chint	NC1-09	220 VAC	3	9 Amp	AC-3

Para la protección de los motores eléctricos se usó, un guardamotor y relés térmicos que son dispositivos que sirven para proteger a circuitos y receptores interrumpiendo la alimentación sólo cuando se producen sobrecargas pequeñas pero no prolongadas. Y en el caso del guardamotor proteger contra sobrecargas y cortocircuitos. La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación y puede ser:

De tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.).

De varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque.

La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica. Sus curvas se presentan en la Figura 2.43.

- Relés de clase 10: Válidos para aplicaciones con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.

Tabla 2. 20. Clases de disparo de relés térmicos [32].

Clase	Tiempo de disparo
10A	2s <tp < 10s
10	2s <tp < 10s
20	2s <tp < 20s
30	2s <tp < 30s

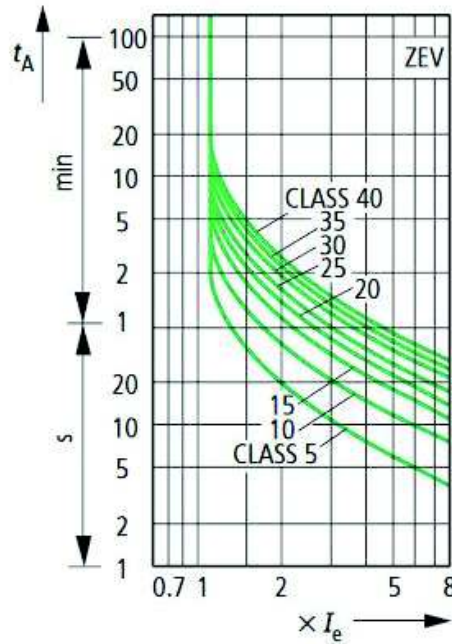


Figura 2.43. Curva de disparo del relé térmico según la clase, Intensidad vs. Tiempo [30].

Los relés térmicos y guardamotor seleccionados se mencionan en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Selección de elementos de protección.

Motor	Marca	Modelo	In	Polos	Clase
Hidráulico	Chint	NR2-36	23-32	3	10
Servomotor	WEG	MPW25	0,4-0,63	3	10
Bomba de carga	No esp.	No esp.	1,25-2	3	10
Bomba de lavado	No esp.	No esp.	1,25-2	3	10
Ventilador	General Electric	NC1-09	0,63-1	3	10

Instalación del tablero principal de control

En vista de que el tablero de control a ser montado presentaba mayor dimensión que el tablero sustituido, fue necesario realizar unas adecuaciones para que el tablero quede empotrado para su uso como se indica en la Figura 2.44.



Figura 2.44. Adecuaciones para el montaje del nuevo tablero de control.

Los elementos del sistema de control implementado se instalaron de acuerdo al diseño inicial indicado en la Figura 2.39, el trabajo final realizado se indica en la Figura 2.45a. En la parte frontal de tablero (Figura 2.45b) sobre la tapa se colocaron las luces piloto, los pulsadores, selectores, paro de emergencia de acuerdo a la Tabla 2.15, Tabla 2.16 y el Touch panel KTP-700 basic a una altura de 1,60 m, requerimiento establecido por el fabricante del Touch Panel.



Figura 2.45. (a) Ubicación de los elementos y realización de conexiones. (b) Vista frontal del panel de operación.

2.3 Desarrollo del sistema de control

Considerando el estado actual del sistema de control la solución planteada es usar un controlador lógico programable (PLC) con un número de entradas y salidas suficientes para automatizar el proceso de producción de ácido acetilsalicílico. A continuación en la Figura 2.46, se indica un diagrama de bloques en el cual se muestra la interacción del controlador con los diferentes periféricos.

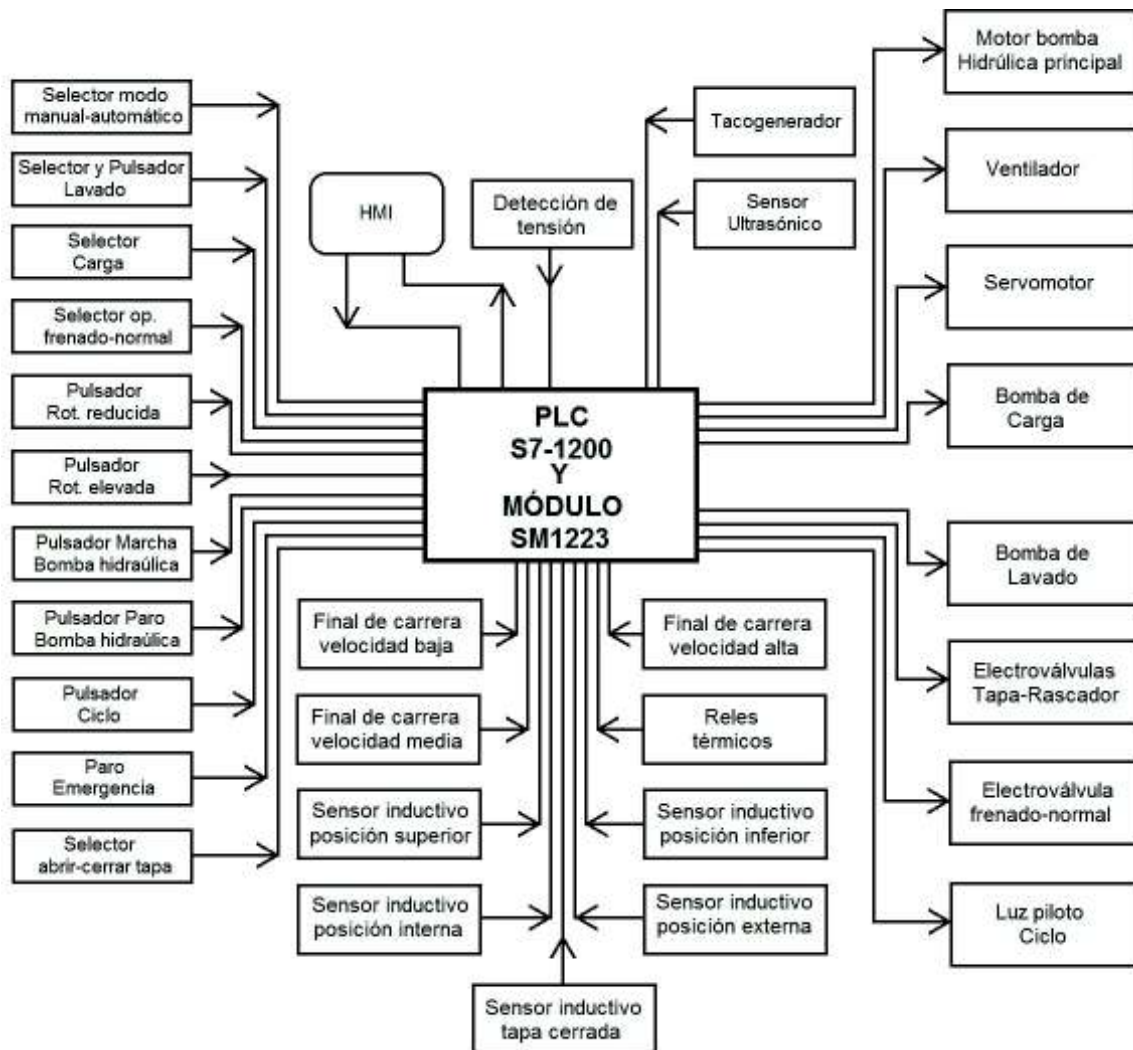


Figura 2.46. Interacción del controlador con los periféricos del PLC S7-1200 y su módulo de extensión SM1223.

El programa que se realiza para la automatización de la centrifugadora cumple con las siguientes condiciones:

- Permite la operación de la centrifuga en dos modos, modo manual y modo automático.
- El arranque de la bomba hidráulica se realiza de forma manual. Una vez encendida la bomba, se pondrá también en funcionamiento el sistema de enfriamiento de fluido hidráulico.
- Se maneja la apertura y cierre de la tapa de forma manual, controlando las electroválvulas las cuales permiten el paso de fluido hidráulico, hacia los cilindros hidráulicos de doble efecto ubicados uno a cada extremo de la tapa.

- La velocidad de la canasta será controlada de forma manual, a conveniencia del operador cuando se encuentre en modo de operación manual. O la velocidad se variará de forma automática dependiendo de la etapa del proceso en que se encuentre, cuando la centrifugadora este en modo de operación automático.
- El ciclo de descarga se realiza de forma manual o automática. La pala del rascador se moverá automáticamente por 4 posiciones, al interior de la canasta, para remover el producto en estado sólido adherido en las paredes.
- Se controla la bomba para llevar el ácido acético desde el tanque de almacenamiento hacia la centrifugadora para lavado del producto y lavado de la centrifuga.
- Se controla la bomba para llevar el ácido acetilsalicílico (producto) desde el reactor hacia la centrifugadora y realizar la separación líquido-sólido en su interior.
- Se ingresa el tiempo de operación de cada etapa del proceso que cumple la centrifuga, a través de un panel táctil, las etapas son: carga, lavado de producto, secado, lavado de centrifuga.
- Se visualiza los parámetros de velocidad de giro de la canasta y nivel de ácido acético en el tanque de almacenamiento en un panel táctil
- Se visualiza el cumplimiento de las etapas del proceso y aparición de alarmas mediante un panel táctil.
- Se visualiza el estado de las entradas y accionamiento de las salidas mediante un submenú en el panel táctil y se podrá también controlar el accionamiento de cada una de las salidas.
- Se dispone de memoria remanente en caso de corte de energía, para almacenar el cumplimiento de las etapas del proceso y tomar una decisión adecuada para finalizar el proceso en caso de no terminar con el mismo.
- Se dispone de visualización de alarmas por vibración excesiva, sobrecarga en los motores eléctricos y pulsación de paro de emergencia.

Para dar inicio a un proceso, sea este en modo automático o manual es necesario que se cumplan con los siguientes parámetros considerados como condiciones iniciales (se presenta una excepción cuando existe un fallo en la energía eléctrica, por el cual el FC-0 (final de carrera que indica velocidad baja), no se encuentre activado).

- Los motores de las bombas no hayan sufrido sobrecarga.
- No estar pulsado el paro de emergencia.
- El rascador este ubicado en posición inicial.
- La tapa de la centrifuga este cerrada.
- El switch de vibración no este accionado.
- Final de carrera FC-0 (velocidad baja), activado.

En la Figura 2.47, se indica el procedimiento para iniciar la operación de la centrifuga. Si al energizar el tablero eléctrico, en el panel táctil no se presenta ningún aviso que impida iniciar el proceso, el operario podrá hacer uso de la centrifugadora ya sea en modo automático o manual según convenga.

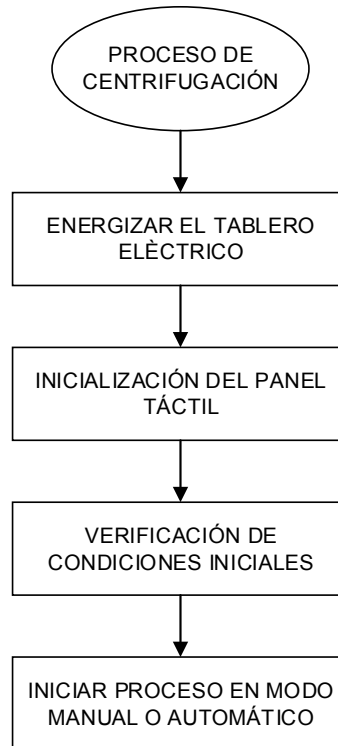


Figura 2.47. Diagrama de flujo para iniciar el funcionamiento de la centrifuga.

Modos de operación

La centrifuga dispone de 2 modos de operación, manual o automático. Los cuales deberán ser seleccionados por el operador a través del selector I1 (Figura 2.38) ubicado en el tablero y podrá acceder a las opciones de cada modo mediante el panel táctil.

Para iniciar un proceso ya sea este en modo manual o automático (Figura 2.48) hay que verificar las condiciones normales de operación, las cuales se mencionaron anteriormente, estas condiciones se pueden visualizar en el panel táctil en la barra de alarmas o se muestran como avisos al encender el panel.

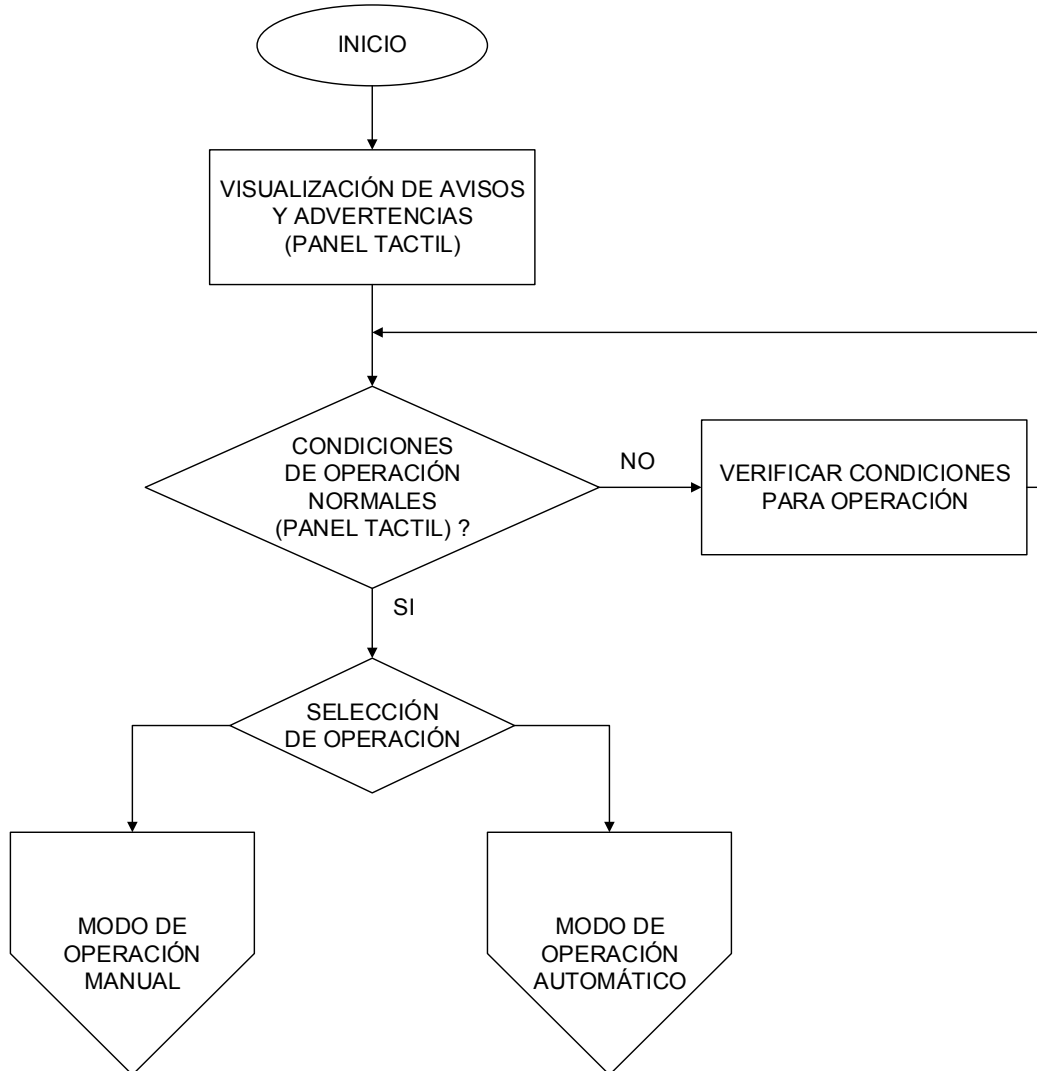


Figura 2.48. Inicio del proceso y selección del modo de operación.

En modo manual se pretende que el operador pueda manipular el sistema de acuerdo a los requerimientos del producto a ser tratado en la centrifugadora. Esto se debe a que muchas veces la materia prima tiende a cristalizarse rápidamente luego de ser transferido del reactor hasta la canasta de la centrifuga, provocando un desbalance y exceso de vibración, lo cual provoca el accionamiento de switch de vibración y consecuentemente la orden de detener la carga del producto.

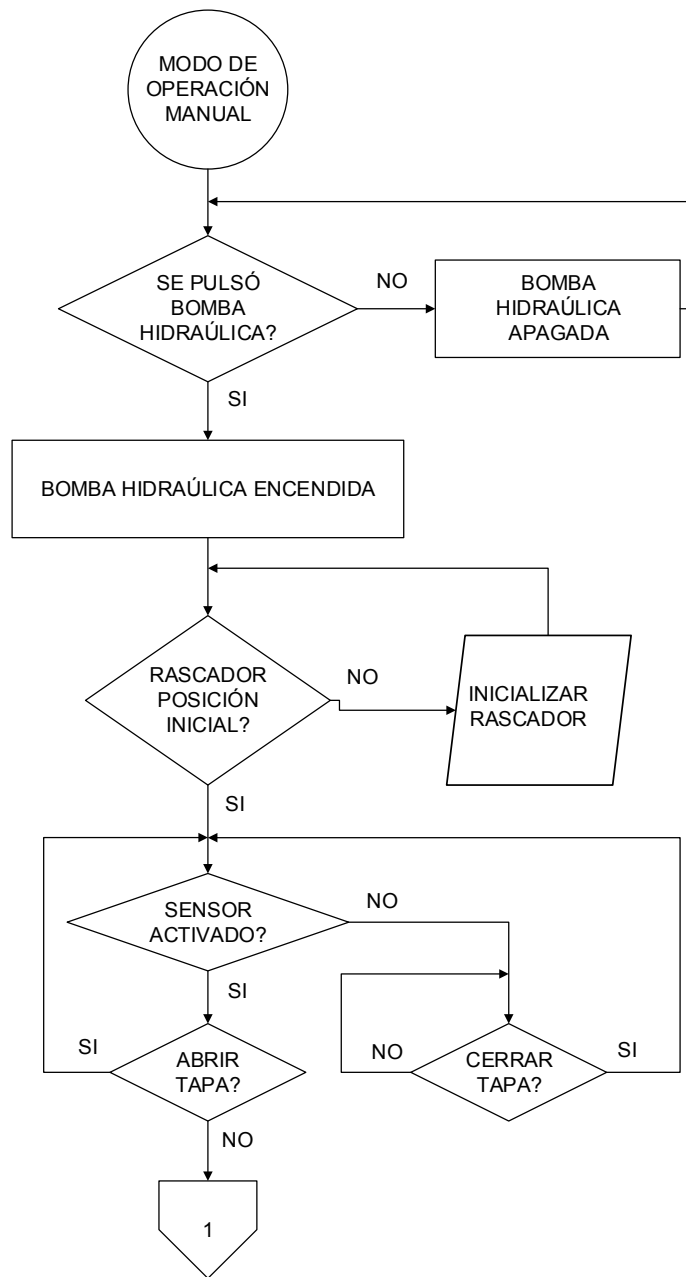


Figura 2.49. Modo de operación manual 1.

En la Figura 2.49 se indica el modo de operación manual, se inicia arrancando la bomba principal hidráulica, para poner en funcionamiento el sistema hidráulico, una vez iniciado el sistema, si el rascador no se encontrara en posición inicial para su operación normal automáticamente se coloca en posición inicial.

Mientras se encuentre activado el switch de velocidad baja, hay la posibilidad de manipular la tapa de la centrifugadora (abrir y cerrar la tapa), para verificar el estado de la malla ubicada en la pared de la canasta (parte interna de la centrifugadora) o para realizar limpieza y mantenimiento.

Si se desea iniciar el proceso, luego de que la tapa haya sido cerrada se procede a manipular la velocidad de la canasta de forma manual mediante un pulsador y se eleva la velocidad.

La velocidad de la canasta se eleva hasta que se accione el switch de velocidad media (Figura 2.50), que indica que la velocidad de la canasta es de 400 a 450 rpm. Luego se procede a bombear el producto desde el reactor hasta la centrífuga, la cantidad de producto depende del operador.

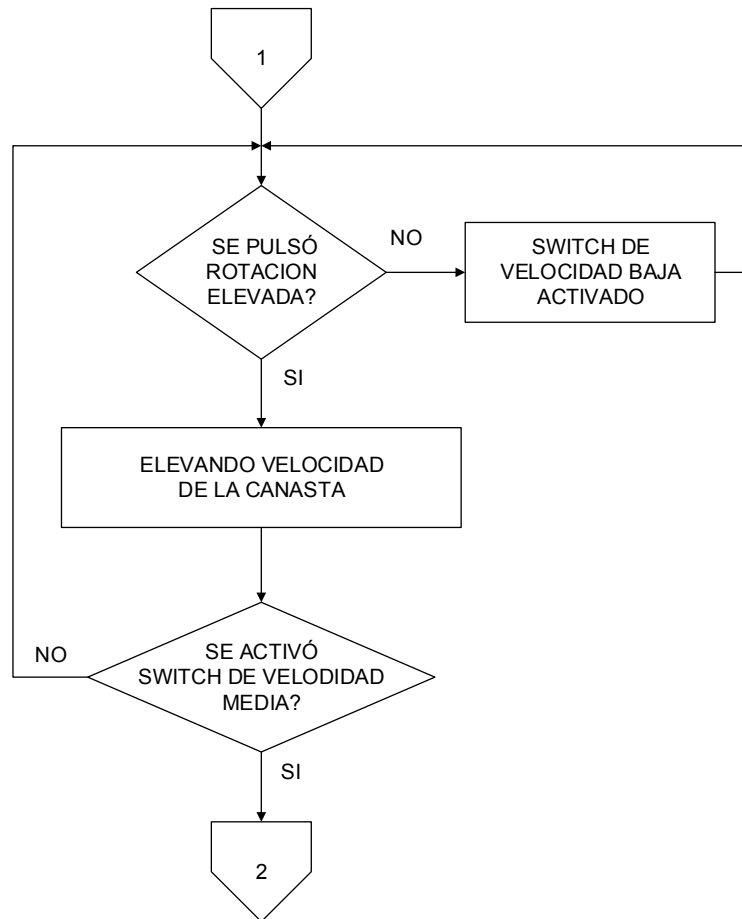


Figura 2.50. Modo de operación manual 2.

Si se generará vibración en la centrifugadora el operador tiene que pausar la carga de producto, y proceder a bombear ácido acético para que se balancee y se homogenice el producto en las paredes de la canasta y de esta forma mitigar al vibración (Figura 2.51).

En caso de activarse el switch de vibración, el sistema impide que se siga cargando el producto, luego de esto hay que resetear el switch de vibración para retirar la alarma de advertencia.

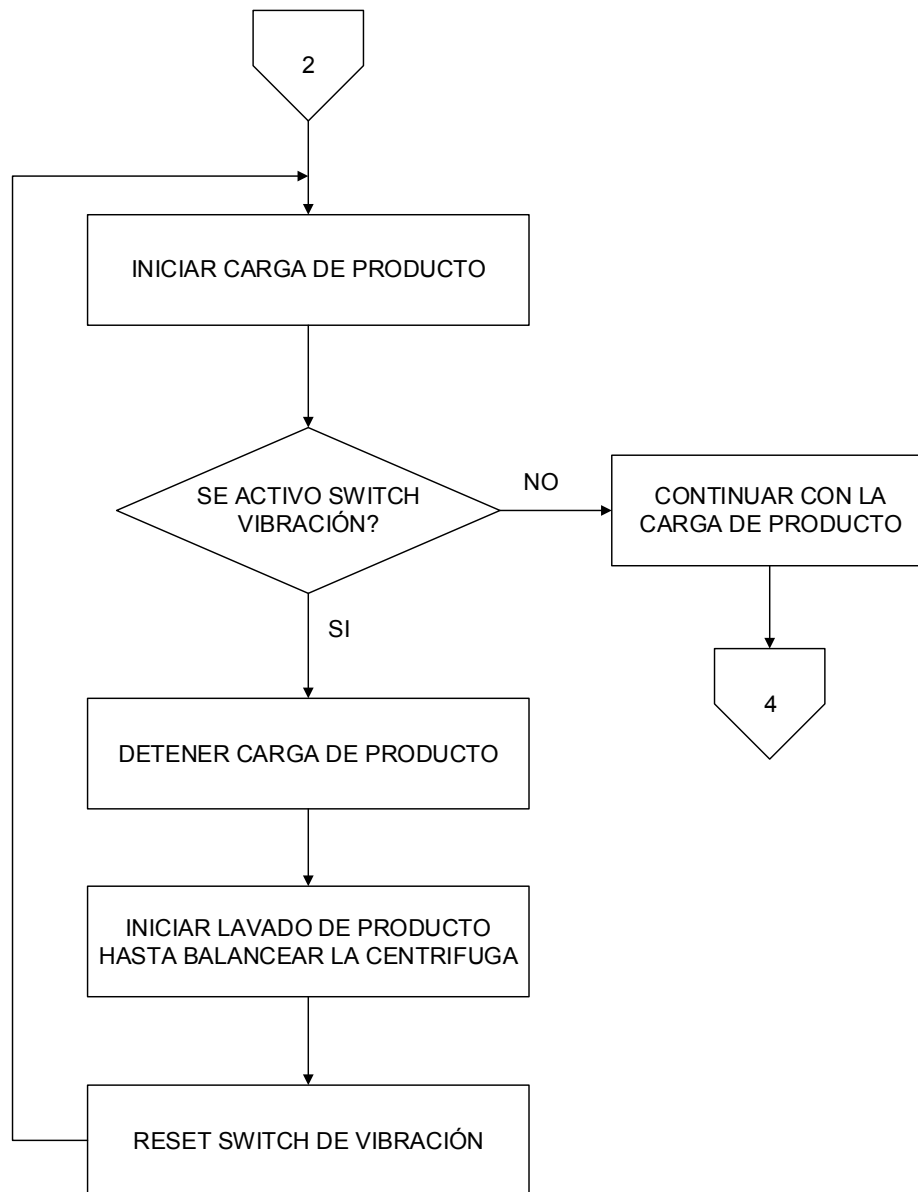


Figura 2.51. Modo de operación manual 3.

Finalizada la carga, se procede a bombear ácido acético para lavar el producto, de esta forma se logra homogenizar el producto cargado y poder realizar la siguiente etapa del proceso, el diagrama de flujo se indica en la Figura 2.52.

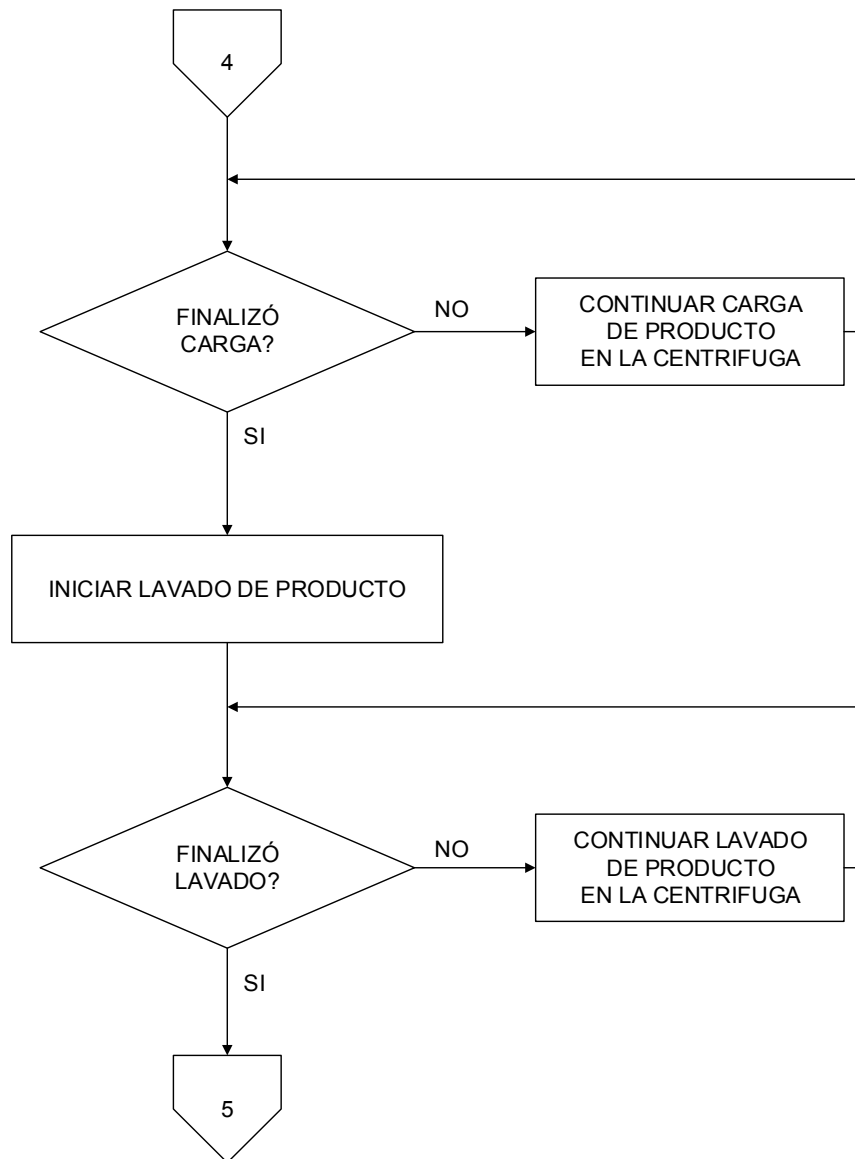


Figura 2.52. Modo de operación manual 4.

Luego de lavar el producto en el interior de la canasta con ácido acético, se procede a secar el producto, elevando la velocidad de la canasta mediante un pulsador, cuando la canasta adquiere la velocidad necesaria para el secado se activa el switch de velocidad alta y se impide elevar más la velocidad de rotación.

Con la velocidad de rotación adquirida que oscila entre 800 a 850 RPM se puede proceder al secar el producto (Figura 2.53). Una vez terminada la etapa de secado, para posteriormente iniciar con la descarga del producto es necesario reducir la velocidad de rotación de la canasta de la centrifugadora, por seguridad.

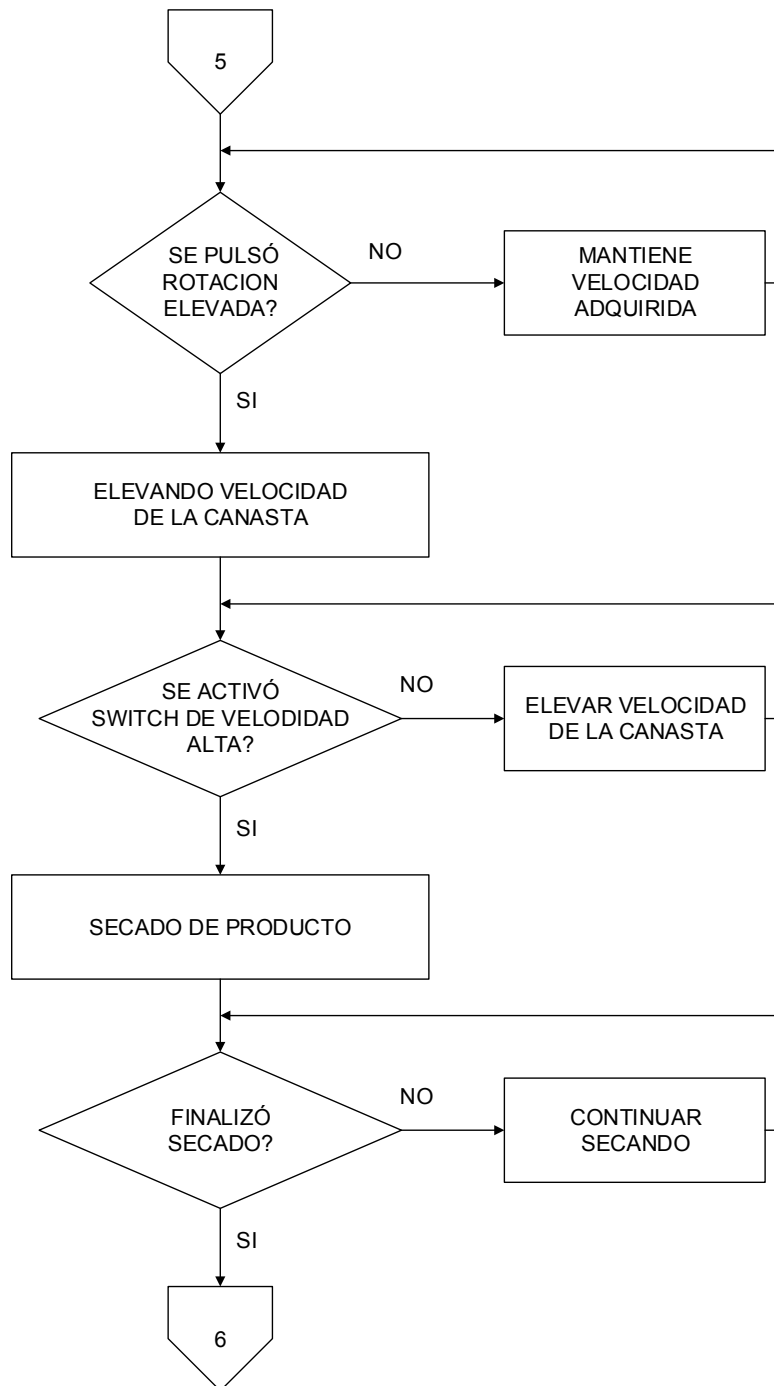


Figura 2.53. Modo de operación manual 5.

En la descarga la pala del rascador se encarga de remover el producto que se encuentra en estado sólido; pegado en las paredes de la canasta, la pala es manipulada por la torre del rascador, para luego acumular los restos en un tanque ubicado en la parte inferior de la centrifugadora. La pala del rascador se mueve por cuatro posiciones distintas, llamándose ciclo del rascador o ciclo de descarga, para proceder a realizar esta etapa la velocidad de la canasta tiene que ser alrededor de 400 a 450 rpm, y activarse el switch de

velocidad media. Una vez finalizado el ciclo del rascador para la descarga del producto, se procede a realizar el lavado de la canasta de la centrifugadora con ácido acético como se indica en el diagrama de flujo de la Figura 2.54 y Figura 2.55.

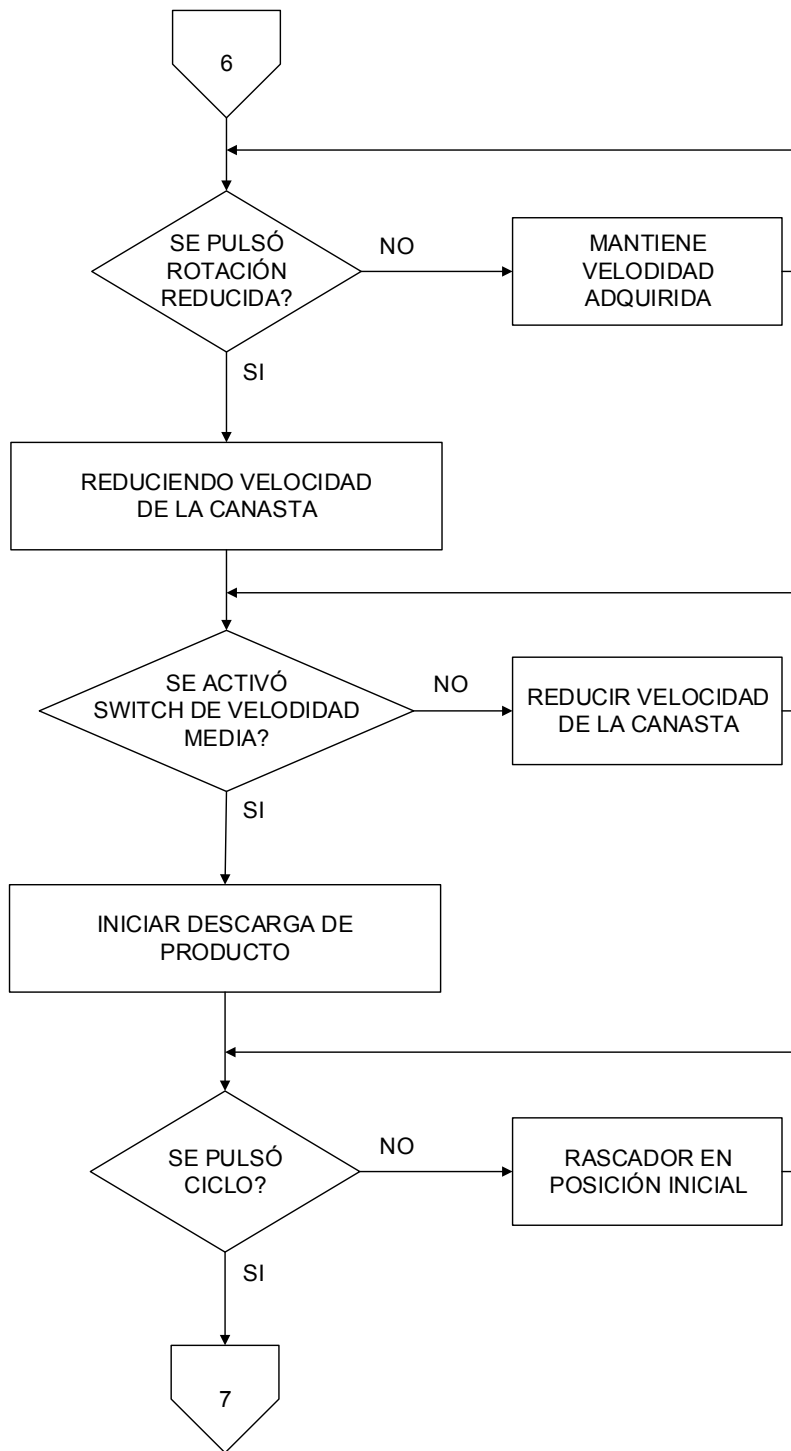


Figura 2.54. Modo de operación manual 6.

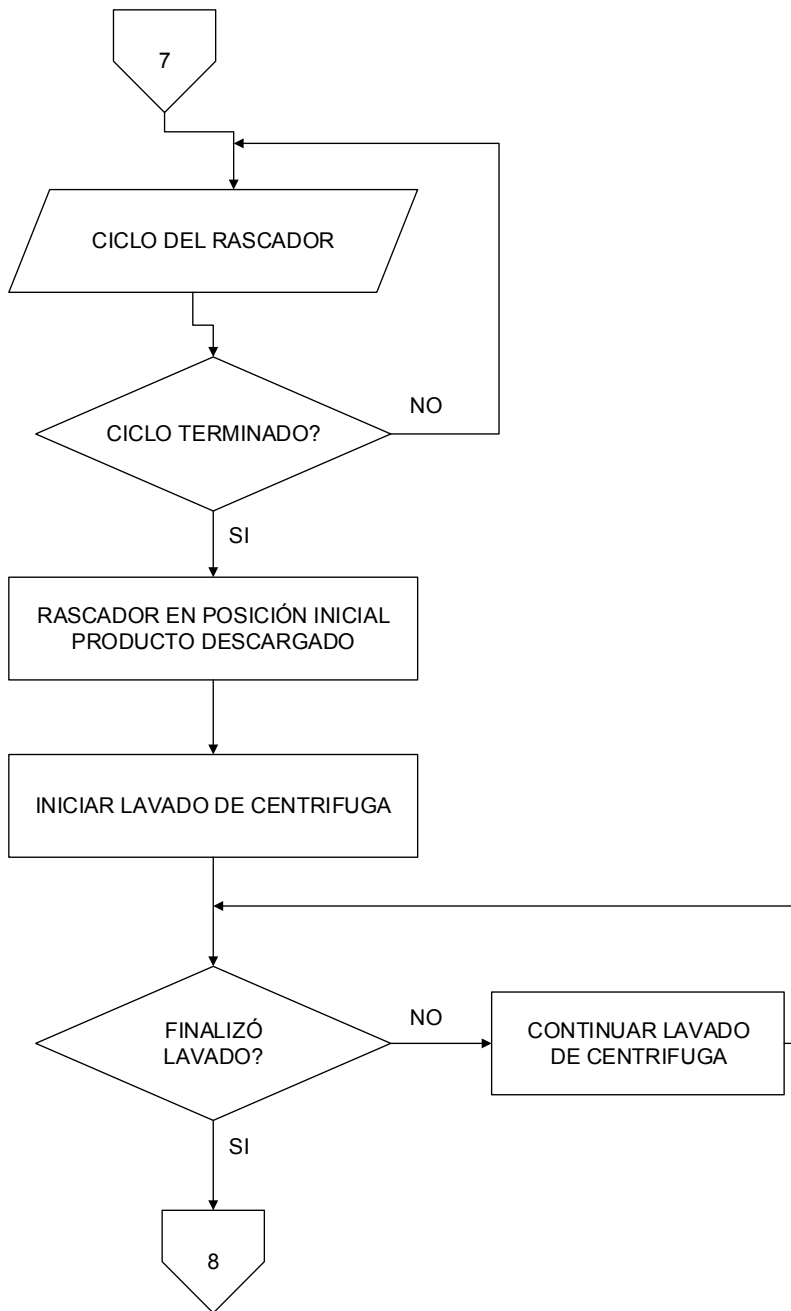


Figura 2.55. Modo de operación manual 7.

Como último paso después de lavar la canasta de la centrifugadora queda reducir la velocidad hasta que se active el switch de velocidad baja y verificar si el rascador ha regresado a su posición inicial de funcionamiento (pala en la posición superior y posición externa) de esta forma el proceso queda finalizado como se indica en la Figura 2.56.

La centrifugadora queda lista para iniciar un nuevo proceso siempre y cuando no se hayan activado las alarmas.

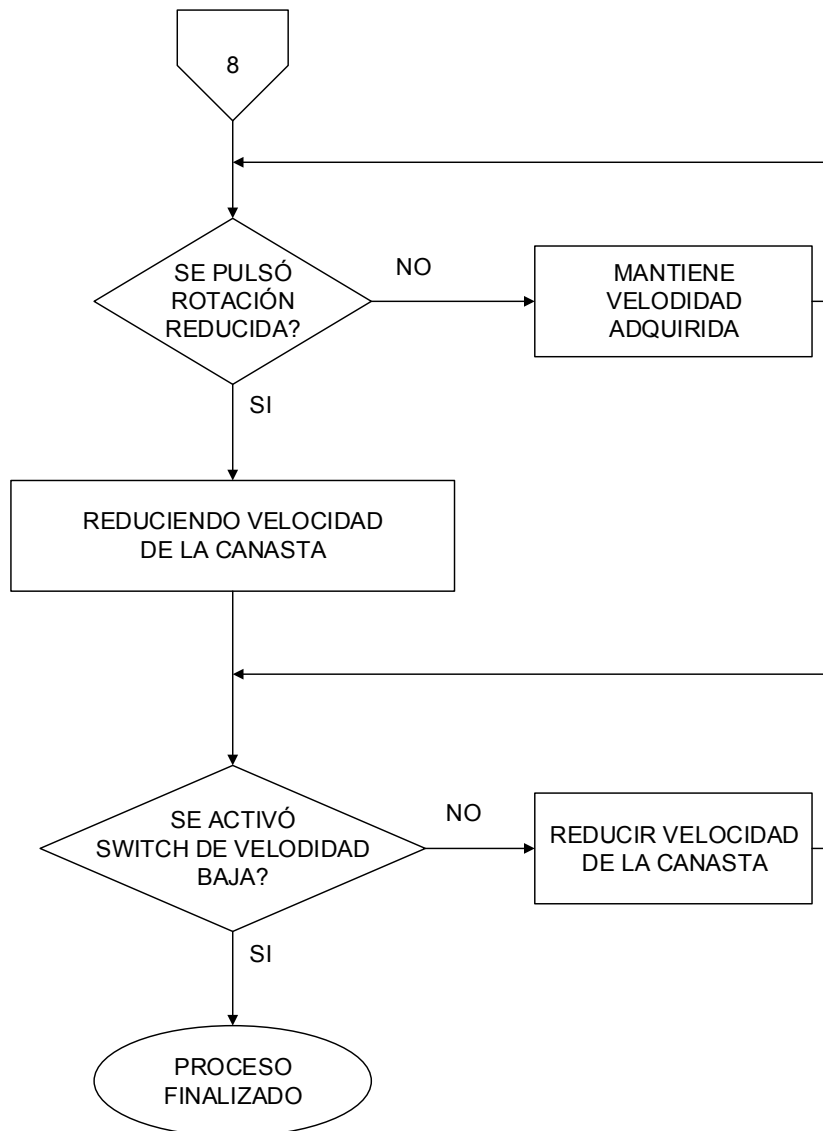


Figura 2.56. Modo de operación manual 7.

En modo de operación automático de igual manera se verifican las condiciones iniciales de operación en el panel táctil, para luego seleccionar el modo de operación automático, en donde se ingresan los tiempos de operación de cada etapa del proceso, carga de producto, lavado de producto, secado, descarga y lavado de centrifuga, como indica el diagrama de flujo de la Figura 2.57 y Figura 2.58. Una vez ingresados los tiempos de operación, se procede a iniciar con el proceso.

De igual forma que en el modo manual, antes de iniciar el proceso se puede manipular la tapa para verificar el estado de la canasta y de la malla filtrante colocada en su interior, y de ser necesario realizar operaciones de mantenimiento (Figura 2.57).

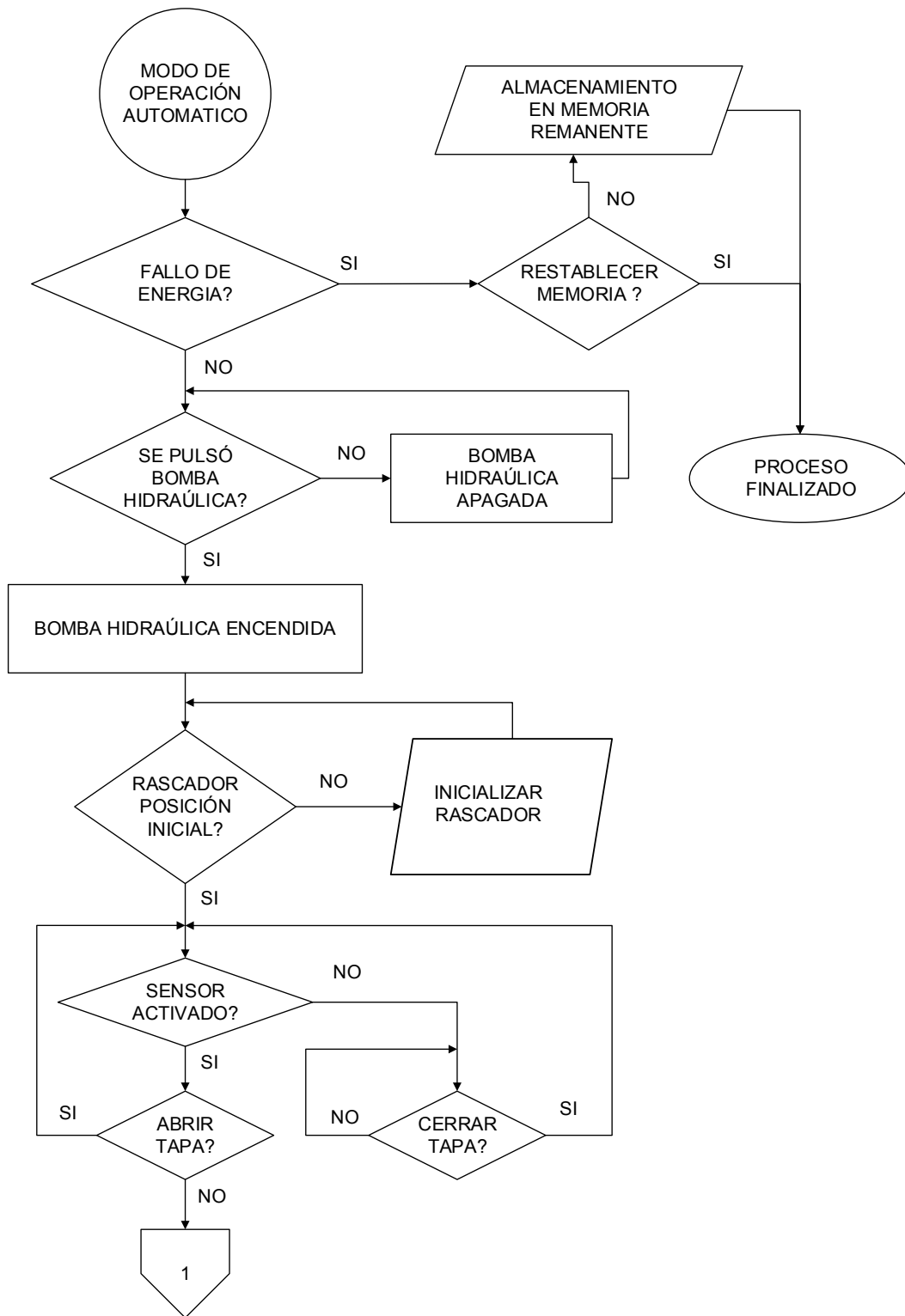


Figura 2.57. Modo de operación automático.

Es necesario saber los tiempos de operación para que puedan ser ingresados mediante el panel táctil, para luego pasar a supervisión en donde se da inicio al proceso y se puede visualizar el cumplimiento de cada etapa. Si se ingresan de forma errónea los tiempos de operación hay la posibilidad de corregirlo, mediante la opción nuevo proceso (Figura 2.58)

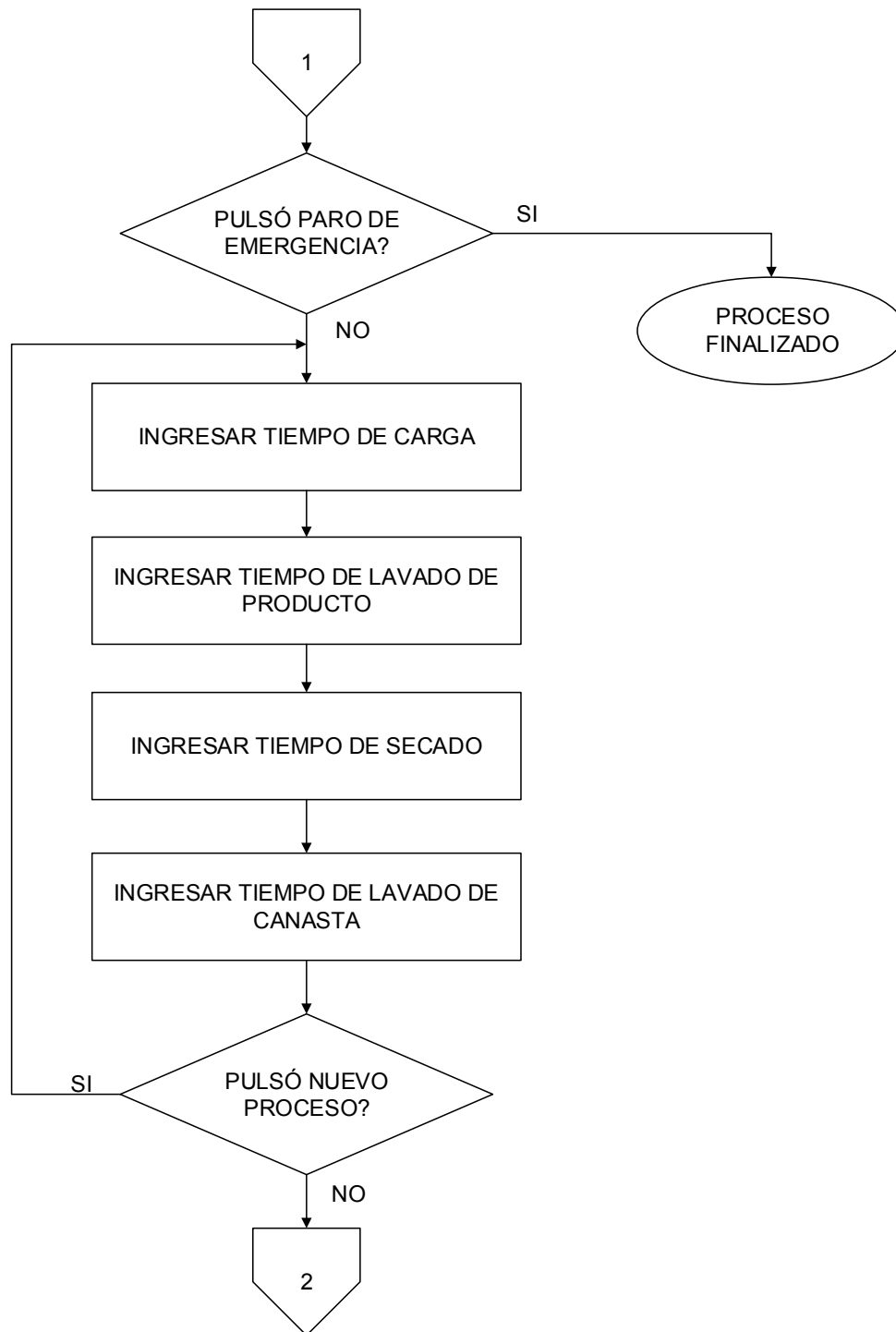


Figura 2.58. Modo de operación automático 1.

Para dar inicio o finalizar el proceso, luego de haber ingresado los tiempos de operación, se tiene los botones "INICIAR" (Autoconectar) y "FINALIZAR" (Desconectar), una vez iniciado el proceso, la canasta de la centrifugadora empieza a elevar su rotación hasta activarse switch de velocidad media, como se indica en la Figura 2.59.

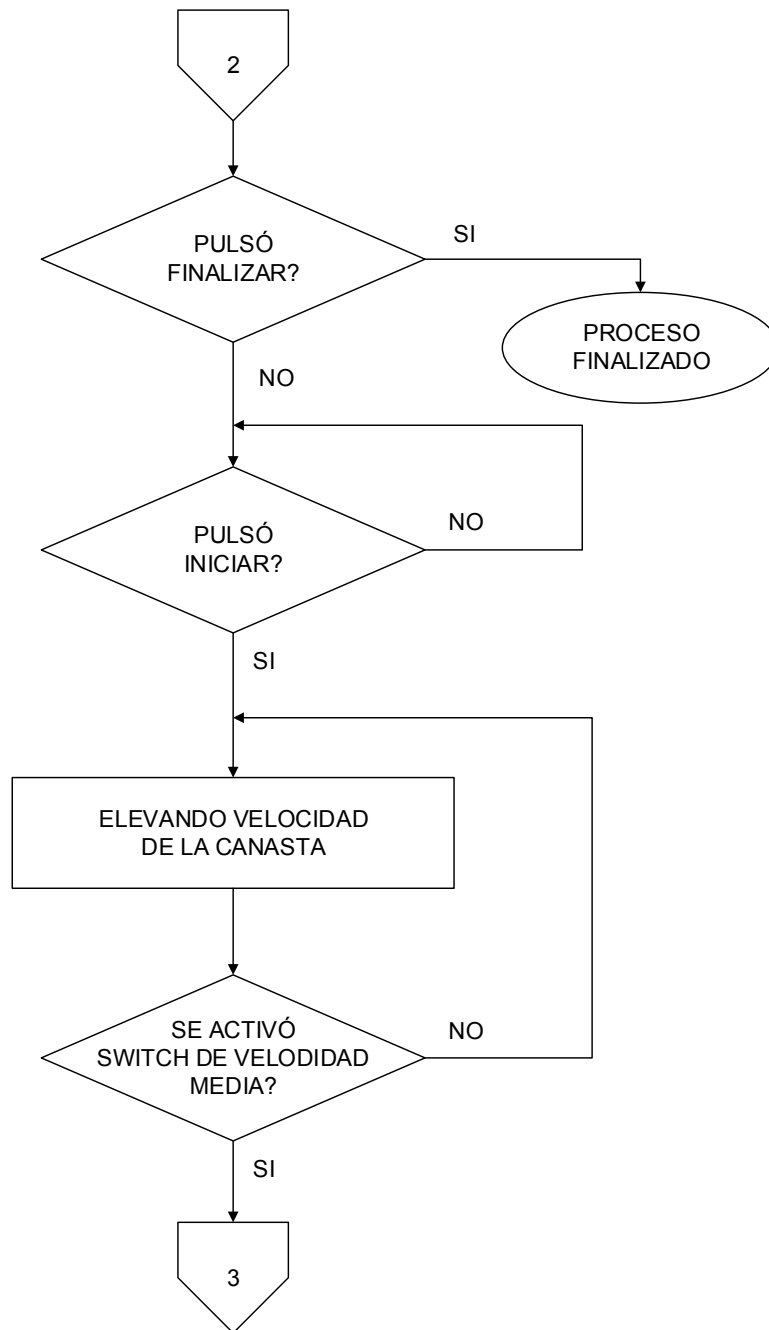


Figura 2.59. Modo de operación automático 2.

Si durante la etapa de carga de producto existiera vibración y se accionara el switch de vibración la carga del producto se detiene, y se procede a descargar el producto mediante la realización del ciclo del rascador, caso contrario el desarrollo del proceso continua con el lavado del producto, como se observa en la Figura 2.60. Al iniciarse el proceso, se almacena el cumplimiento de cada etapa en caso de fallo de energía, con el fin de que se tome la mejor decisión al restablecerse la misma.

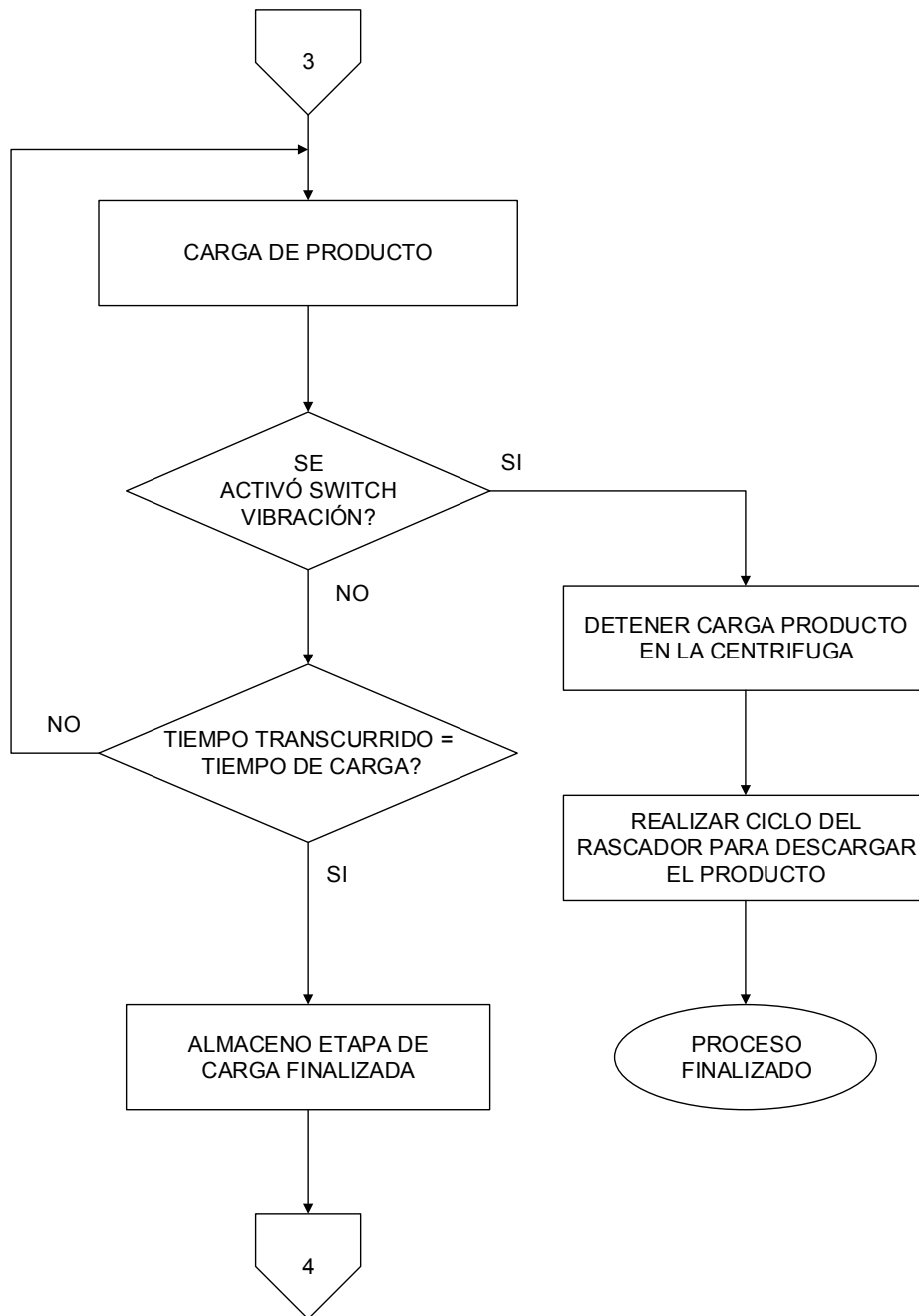


Figura 2.60. Modo de operación automático 3.

Si la etapa del proceso no se cumple, es decir el tiempo parcial de la etapa no ha terminado, entonces se asume que la etapa ha quedado inconclusa, pero de todas formas se almacena la etapa anterior en la memoria remanente del PLC en caso de fallo de energía.

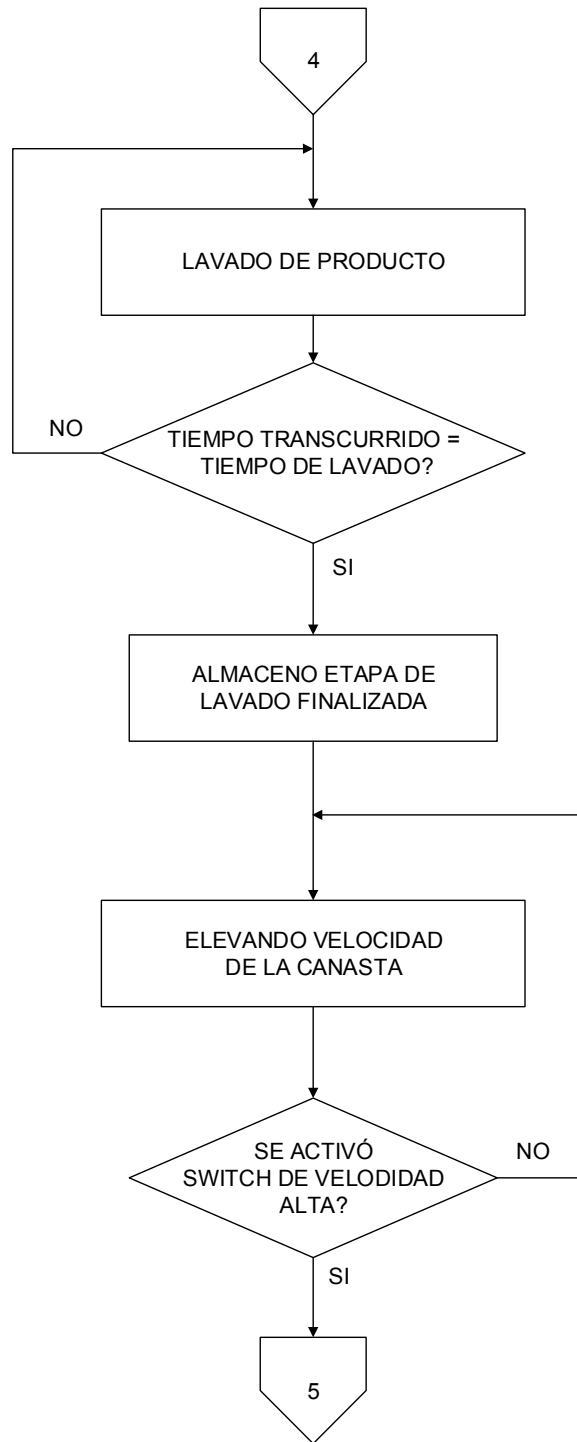


Figura 2.61. Modo de operación automático 4.

De igual forma que en modo manual, para el secado, es necesario aumentar la velocidad de rotación, y en modo automático se realiza esta acción después del lavado del producto y el proceso sigue cumpliendo las etapas como se indica en los diagramas de flujo de la Figura 2.62 y Figura 2.63 hasta finalizar el proceso.

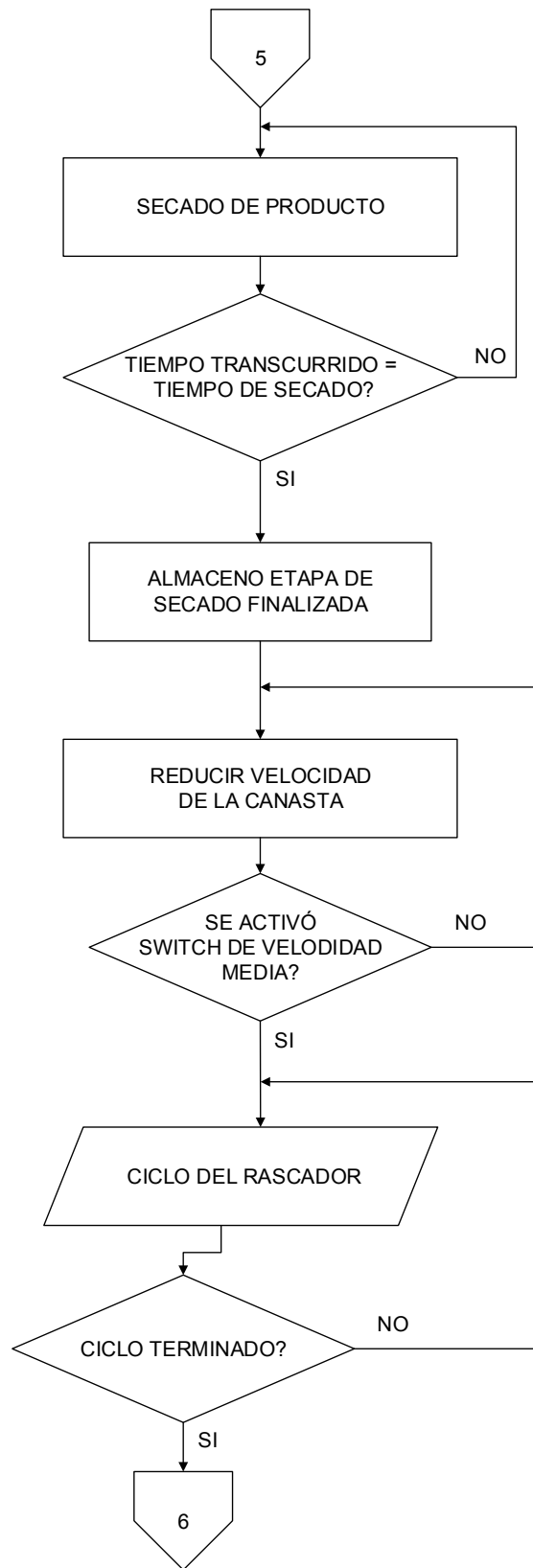


Figura 2.62. Modo de operación automático 5.

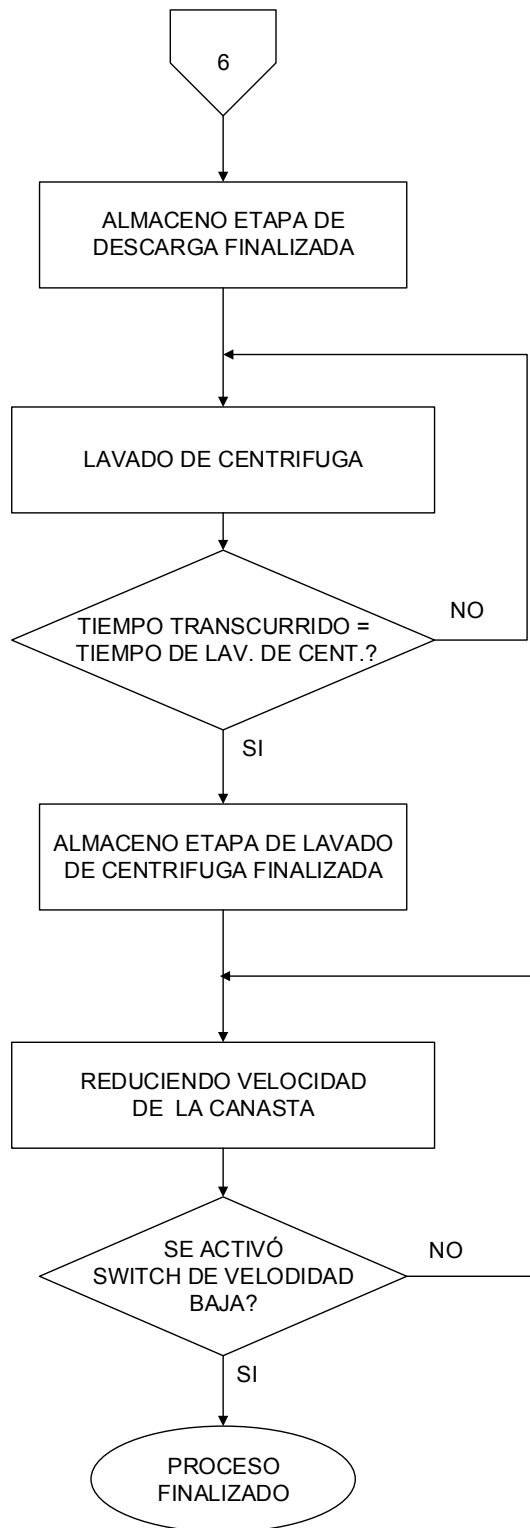


Figura 2.63. Modo de operación automático 6.

En la Figura 2.64, se indica el movimiento del rascador en el interior de la canasta para descargar el producto y para cumplir con la etapa de descarga.

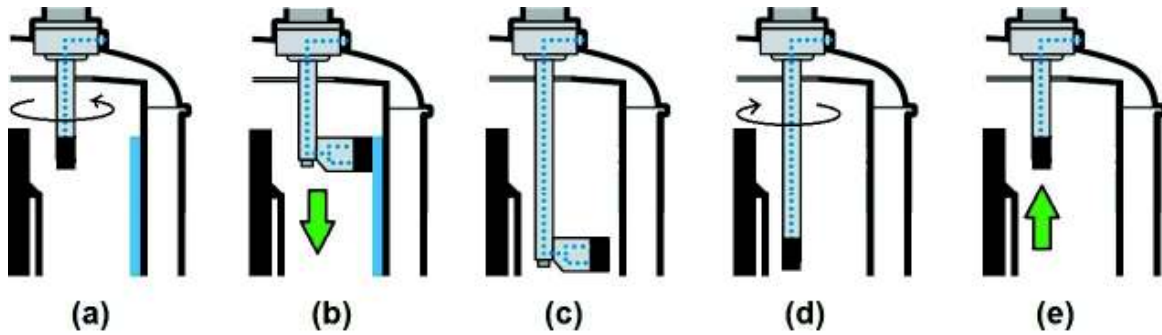


Figura 2.64. (a) Movimiento de la pala con rotación hacia la derecha (para acercar la pala a la pared de la canasta). (b) Desplazamiento de la pala hacia abajo. (c) Ubicación inferior de la pala. (d) Movimiento de la pala con rotación hacia la izquierda. (e) Desplazamiento de la pala hacia arriba (posición inicial) [22].

La opción de inicialización automática se implementó debido a que cuando la centrifugadora se detiene por periodos de tiempo extendidos, la pala del rascador tiende a deslizarse y a perder su ubicación, es decir la posición inicial y por ende no se podía realizar el ciclo de descarga.

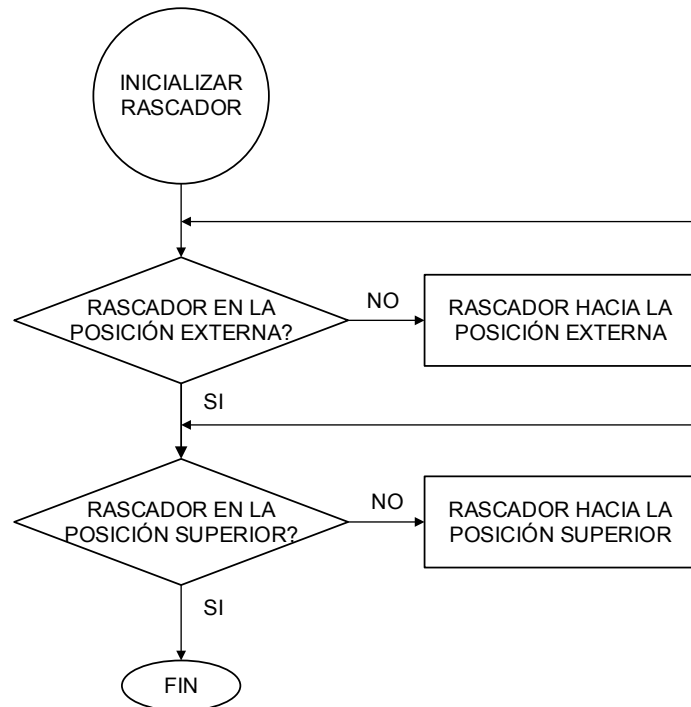


Figura 2.65. Inicialización del rascador.

La solución fue que al encender el sistema hidráulico se realice la opción de inicialización para no tener inconvenientes al realizar la operación del ciclo. En la Figura 2.65 se indica el diagrama de flujo de inicialización del rascador.

El diagrama de flujo para el funcionamiento del ciclo realizado por el rascador para la descarga del producto se indica en la Figura 2.66. Para el cumplimiento del ciclo del rascador, es importante la correcta ubicación de los sensores de proximidad inductivos instalados en la torre del rascador, ya que ellos ayudan a detectar la posición final a la cual debe moverse la pala del rascador.

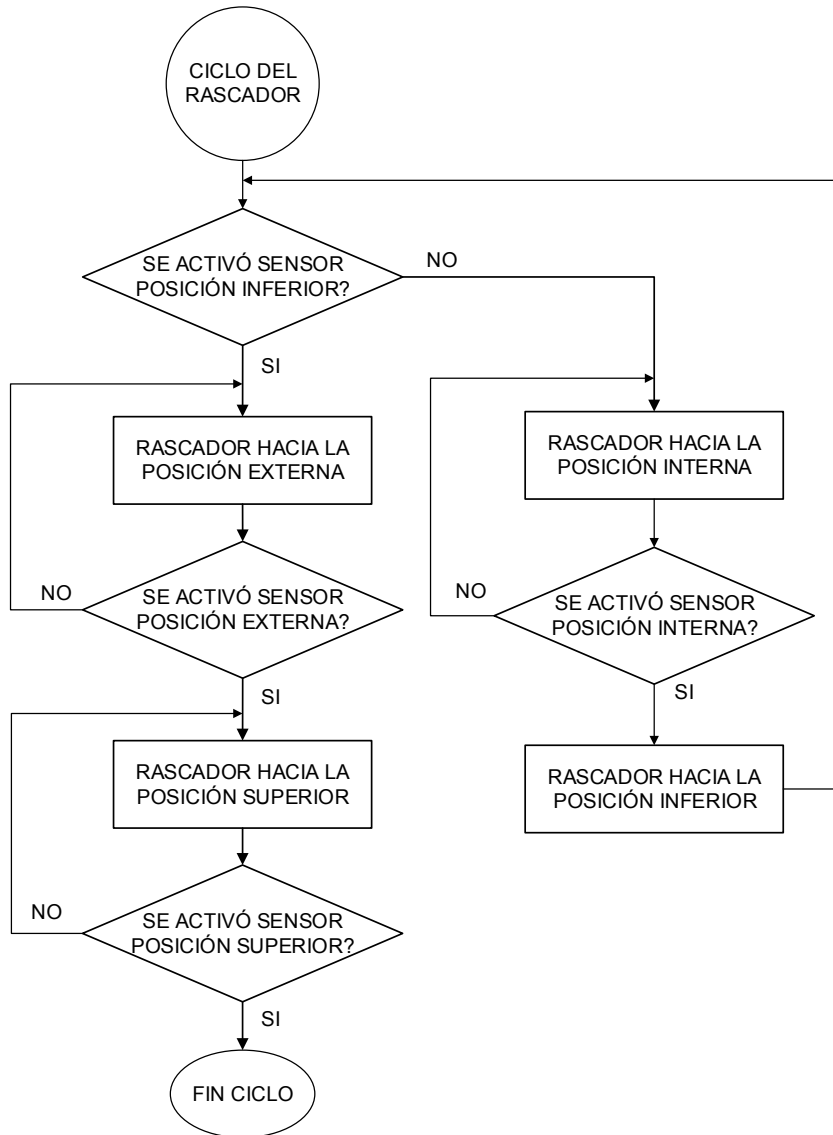


Figura 2.66. Ciclo del rascador para descarga del ácido acetilsalicílico.

Si durante el desarrollo normal del proceso existiera un corte de energía, en la memoria remanente del PLC, se almacena el cumplimiento de cada una de las etapas de proceso, para poder tomar una decisión que permita elegir el camino para finalizar el proceso, cuando se haya restablecido la energía. Los diagramas de flujo para almacenar las etapas de carga, lavado de producto, secado, descarga y lavado de centrifuga se muestran en la Figura 2.67, Figura 2. 68 y Figura 2. 69.

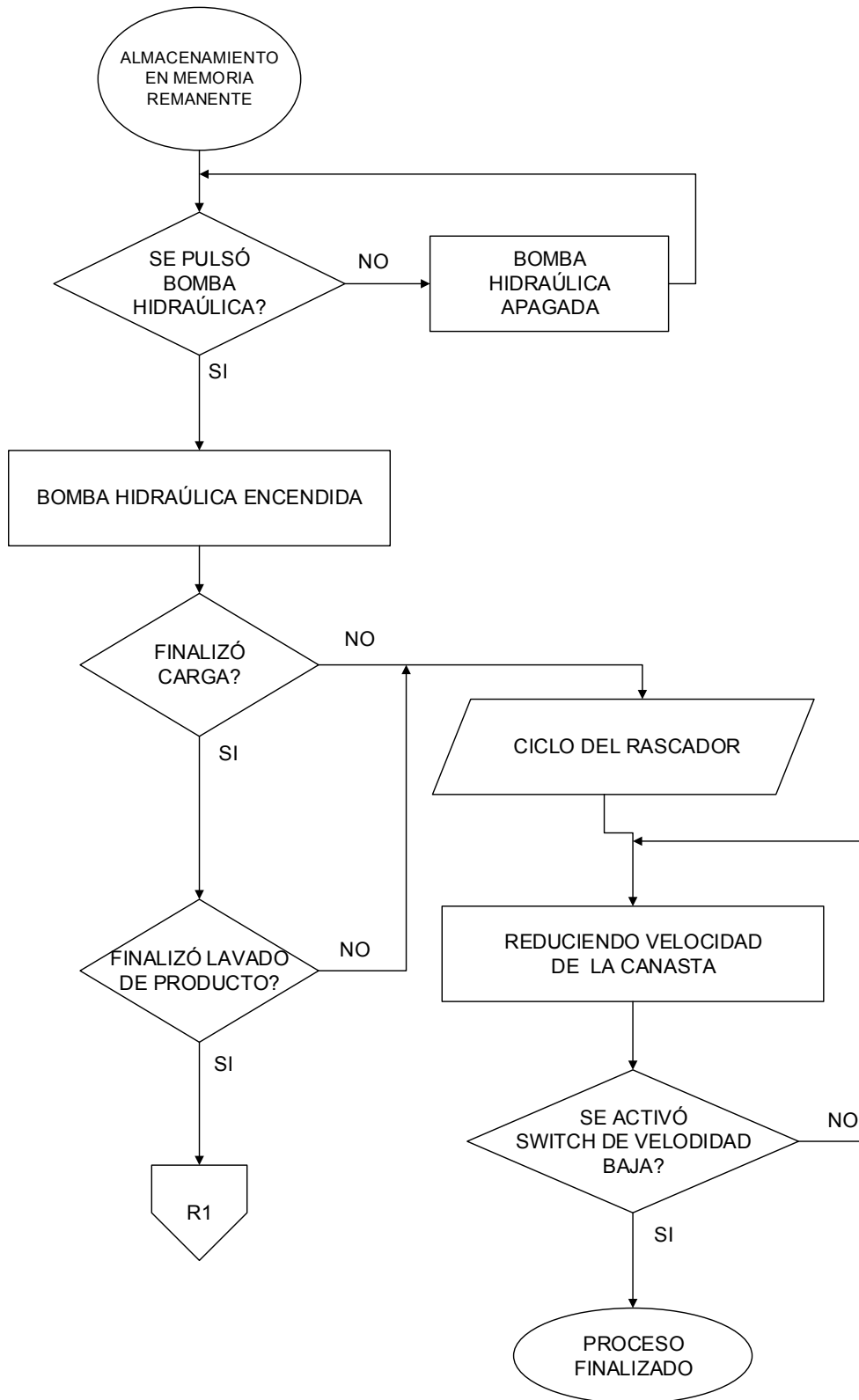


Figura 2.67. Almacenamiento de las etapas en la memoria remanente 1.

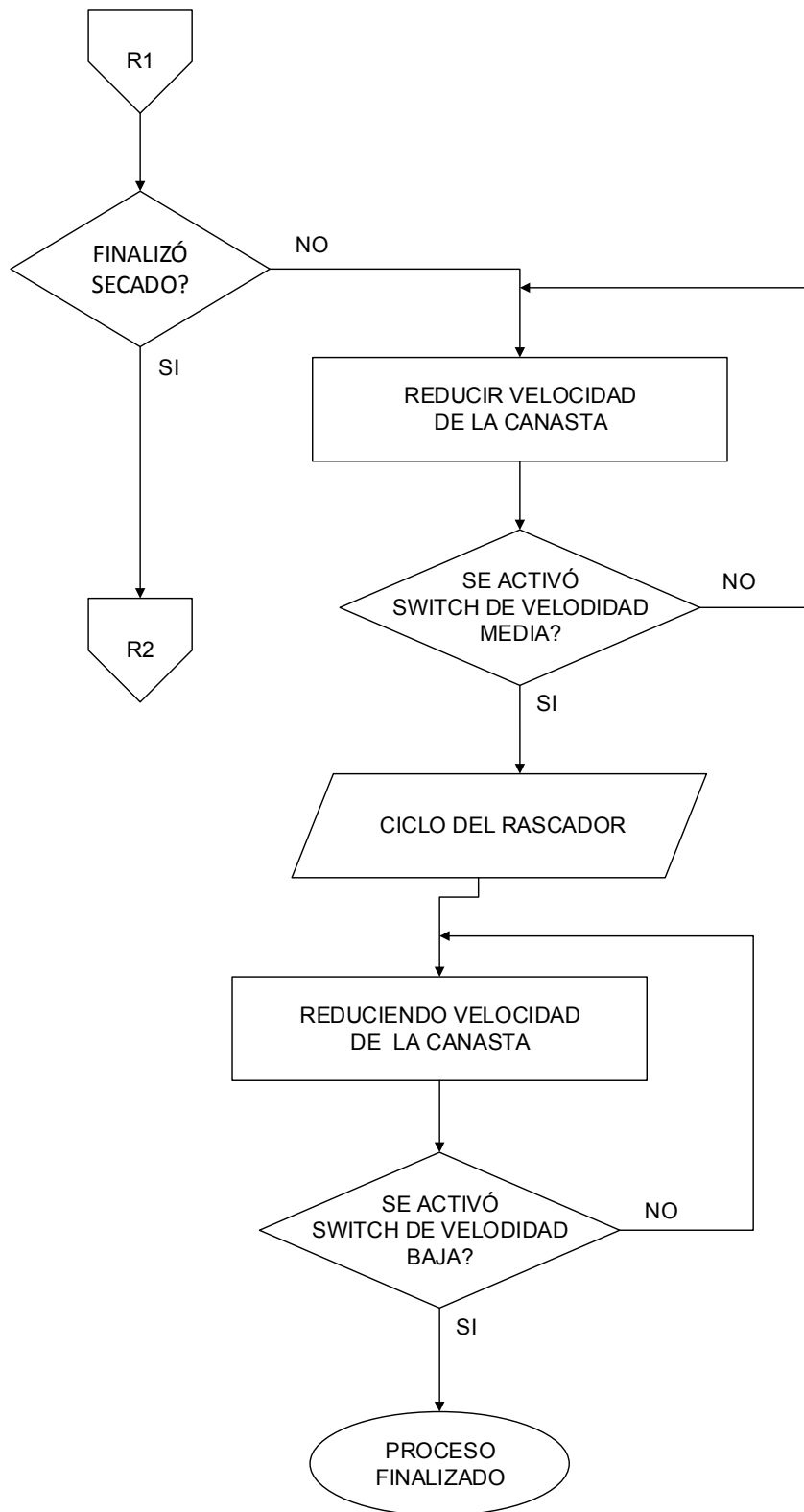


Figura 2. 68. Almacenamiento de las etapas en la memoria remanente 2.

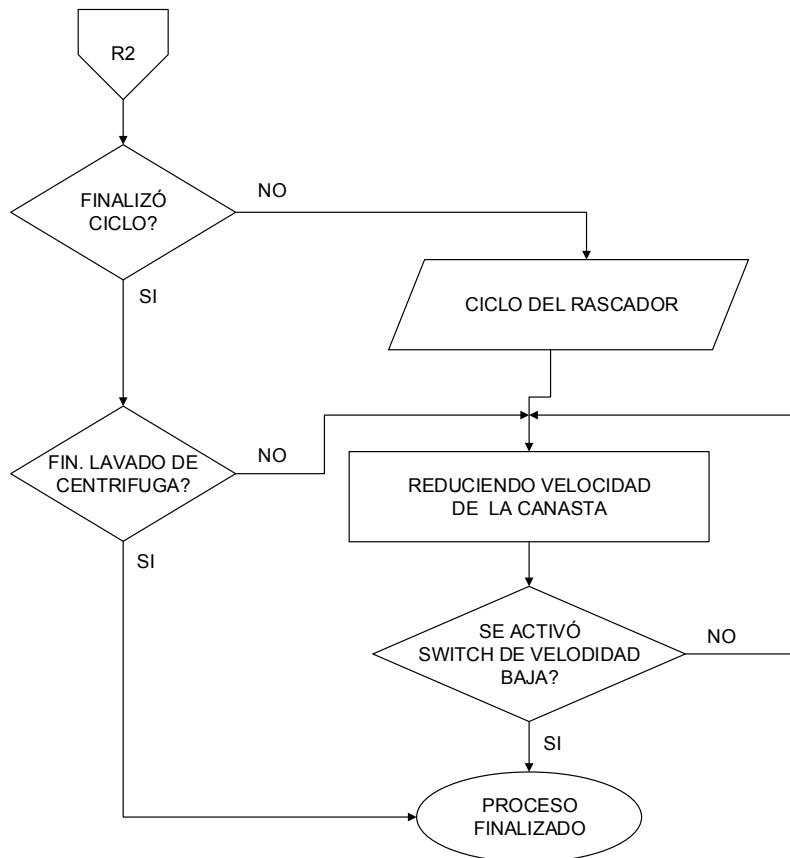


Figura 2. 69. Almacenamiento de las etapas en la memoria remanente 3.

Definición de entradas y salidas

En la Tabla 2.22 se indica el número de entradas del PLC S7-1200 que se usaron y son necesarias para que la automatización del proceso de obtención de ácido acetilsalicílico se pueda llevar a cabo.

Tabla 2.22. Designación de entradas del PLC y el módulo de expansión.

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
S0_modo_Manual	I0.0	Selector de tres posiciones en modo manual.
S0_modo_Auto	I0.1	Selector de tres posiciones en modo automático.
Lavado_Producto	I0.2	Selector de dos posiciones para dar inicio al lavado del producto en la canasta.
Carga_Producto	I0.3	Selector de dos posiciones para dar inicio a la carga de producto en la canasta.
Valvula_A_B	I0.4	Selector de dos posiciones para la electroválvula de control direccional
Velocidad_alta	I0.5	Final de carrera para velocidad alta

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
R_Reducida	I0.6	Pulsador para reducir la rotación de la canasta de la centrifugadora
R_Elevada	I0.7	Pulsador para elevar la rotación de la canasta de la centrifugadora
Hidra_OFF	I8.0	Pulsador para apagar la bomba hidráulica
Hidra_ON	I8.1	Pulsador para encender la bomba hidráulica
Ciclo	I8.2	Pulsador para dar inicio al ciclo del rascador
SW5_Vibracion	I8.3	Switch de vibración excesiva en la centrifugadora
SW6_Tapa	I8.4	Sensor magnético en la tapa de la centrifugadora
Proteccion_Sobrecarga	I8.5	Protección de sobrecarga de los motores eléctricos
Energia	I8.6	Entrada para detección de alimentación en el sistema
STOP_Emergency	I8.7	Pulsador de paro de emergencia.
SW1_OUT	I9.0	Sensor magnético del rascador para detectar posición exterior.
SW2_DOWN	I9.1	Sensor magnético del rascador para detectar posición inferior
SW3_IN	I9.2	Sensor magnético del rascador para detectar posición interior.
SW4_UP	I9.3	Sensor magnético del rascador para detectar posición superior.
Abrir_Tapa	I9.4	Selector de tres posiciones para abrir la tapa de la centrifuga.
Cerrar_Tapa	I9.5	Selector de tres posiciones para cerrar la tapa de la centrifuga
Velocidad_media	I9.6	Final de carrera para velocidad media
Velocidad_zero	I9.7	Final de carrera para velocidad baja
Tacogenerador	AI 0.0	Entrada analógica para lectura de velocidad de la canasta
Ultrasónico	AI 0.1	Entrada analógica para lectura de nivel de ácido acético

En la Tabla 2.23 se indica las salidas digitales del PLC.

Tabla 2.23. Designación de salidas del PLC y el módulo de expansión.

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
M1_CY	Q0.0	Salida digital para conexión en Y de la bomba hidráulica principal
M1_CL	Q0.1	Salida digital para conexión de línea de la bomba hidráulica principal
M1_CD	Q0.2	Salida digital para el cambio a conexión delta de la bomba hidráulica principal
Reservado	Q0.3	
Reservado	Q0.4	

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
M2_Ventilador	Q8.0	Salida digital para accionar el ventilador del intercambiador de calor del sistema hidráulico.
VálvulaB	Q8.1	Salida digital para accionar la válvula de frenado
ValvulaA	Q8.2	Salida digital para accionar la válvula de operación normal
Reservado	Q8.3	
Reservado	Q8.4	
Ciclo_ON	Q8.5	Salida digital para accionar la luz piloto de operación de ciclo.
Lavado_ON	Q8.6	Salida digital para accionar a la bomba de lavado.
Carga_ON	Q8.7	Salida digital para accionar a la bomba de carga de producto.
M3_Rot_Elevada	Q9.0	Salida digital para activar el servomotor en giro horario para elevar la rotación de la canasta
M3_Rot_Reducida	Q9.1	Salida digital para accionar el servomotor en giro antihorario para reducir la rotación de la canasta
UP_Rascador	Q9.2	Salida para accionar la electroválvula para subir el rascador.
DOWN_Rascador	Q9.3	Salida para accionar la electroválvula para bajar el rascador
IN_Rascador	Q9.4	Salida para accionar la electroválvula para colocar el rascador en la posición interior.
OUT_Rascador	Q9.5	Salida para accionar la electroválvula para colocar el rascador en la posición exterior.
CLOSE_Tapa	Q9.6	Salida para accionar la electroválvula y cerrar la tapa de la centrifugadora.
OPEN_Tapa	Q9.7	Salida para accionar la electroválvula y abrir la tapa de la centrifugadora.

Memoria remanente

EL área remanente de un autómata es el área que tras quitar tensión del autómata mantiene el valor, el PLC S7-1200, dispone de memoria remanente únicamente en sus marcas, EL área remanente del PLC no está pre-establecida y se debe configurar el rango de área de memoria que se desea que sea remanente. Se abre una ventana donde se indica a partir del MB0 cuantos Bytes serán remanentes, en el caso de este proyecto solo 1 Byte.

Las variables usadas en el programa para la memoria remanente se indican en la Tabla 2.24.

Tabla 2.24. Variables de la memoria remanente.

NOMBRE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
G_Fase1	M0.0	Variable que almacena el cumplimiento de la fase de carga
G_Fase2	M0.1	Variable que almacena el cumplimiento de la fase de lavado
G_Fase3	M0.2	Variable que almacena el cumplimiento de la fase de secado
G_Fase4	M0.3	Variable que almacena el cumplimiento de la fase de ciclo
G_Fase5	M0.4	Variable que almacena el cumplimiento de la fase de lavado de centrifuga
Remanente_Ciclo	M0.5	Variable auxiliar para realizar el ciclo.
Remanente_Energía	M0.6	Variable que almacena el fallo de energía

2.4 Desarrollo del HMI

La arquitectura debe concebirse como un mapa que refleje la distribución y organización del proceso, de allí que es práctica común asociar las pantallas con áreas del proceso, que pueden ser accedidas bajo un esquema de exploración jerárquica [33].

Así se puede hablar de una pantalla de vista general del proceso o planta (Primer Nivel), luego de pantallas a nivel de sub-área o subsistema (Segundo Nivel), luego a nivel de equipo o componente de proceso (Tercer Nivel), y de ser necesario se puede establecer un nivel de visualización de datos detallado a nivel de equipo (Cuarto Nivel), si el requerimiento lo exige [33].



Figura 2.70. Arquitectura del proceso.

Es práctica común no exceder más de cuatro niveles, en vista de que generar un número excesivo de pasos para acceder a una pantalla, lo cual dificulta el rápido acceso a la información por parte del operador. De ser necesario mayor información de la que puede ser contenida en una pantalla se recomienda la posibilidad de aumentar las pantallas pero dentro de un mismo nivel jerárquico (expansión horizontal) [33].

Organización de la navegación

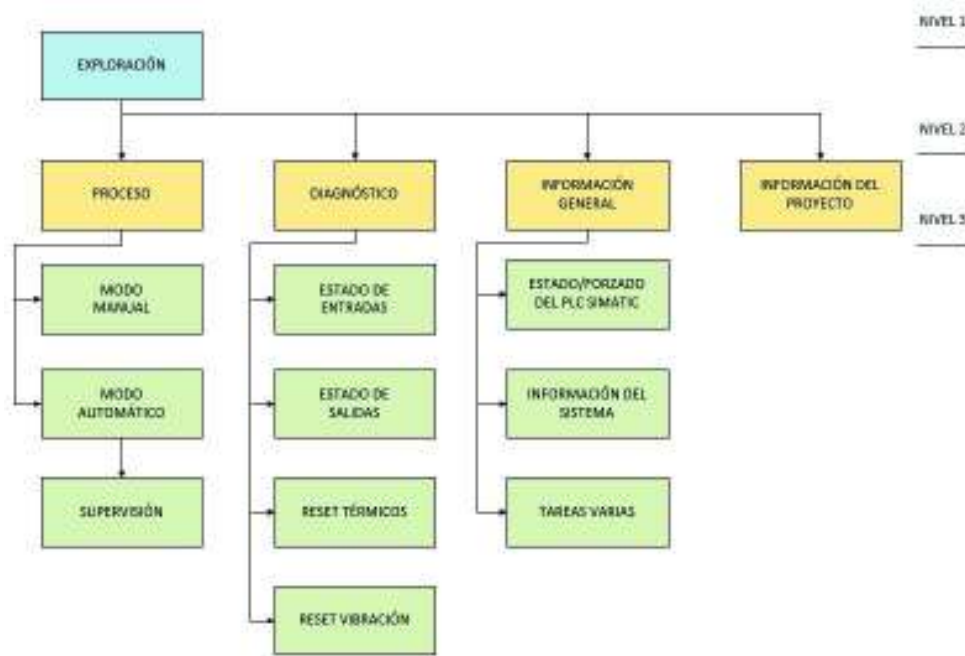


Figura 2.71. Organización de la navegación en el panel táctil.

Establecida la Arquitectura y en base a las relaciones establecidas entre las pantallas se puede establecer los niveles de navegación o niveles de despliegue como se indica en la Figura 2.71. La interfaz de usuario HMI, dispone de 4 menús, los cuales son proceso, diagnóstico, información del proyecto e información general, además de presentarse el logo de la empresa DAN-QUIMICA C.A. y el número de la unidad de centrifugación a la cual se automatizó y rehabilitó como se indica en la Figura 2.72.



Figura 2.72. Interfaz de usuario 1, pantalla principal para iniciar la operación.

En el menú denominado Proceso, se permite acceder a los modos de operación de la centrifugadora, los cuales son dos, Operación manual y Operación automática, además en

la barra de alarmas se puede apreciar los posibles accionamientos de alarmas, que pueden ser por sobrecarga, accionándose la luz piloto de “Térmicos”, o la alarma de exceso de vibración “Vibración”, o al estar accionado el paro de emergencia con “Emergencia”.

En esta ventana es importante visualizar las condiciones iniciales para la operación de la centrifuga en cualquier modo de operación. Para iniciar la operación la tapa de la centrifuga tiene que estar cerrada, la luz piloto se torna en color verde cuando se cumple esta condición, caso contrario de color rojo, el rascador tiene que estar en posición inicial, esta condición la indican las luces piloto “Arriba” y “Externo” cuando están en color verde, y en gris caso contrario. En la parte inferior izquierda de la interfaz se observa el accionamiento de la electroválvula de control direccional, el cual determina la operación normal y operación de frenado, por default se acciona “Válvula A” la cual permite operación normal y se ha colocado un botón de “Paro” para impedir el paso de fluido. En la parte inferior derecha se indican la bomba hidráulica y el ventilador, que al accionarse parpadean (Figura 2.73).



Figura 2.73. Interfaz de usuario 2, pantalla de selección de modo de operación.

Para seleccionar uno de los modos de operación, (Figura 2.73) hay que mover el selector, de modo de operación ubicado en la parte frontal del tablero. Una vez seleccionado el modo de operación se enciende la luz piloto del panel táctil que corresponde al modo de operación seleccionado. Para acceder a determinada pantalla de operación pulsar el botón correspondiente al modo de operación seleccionado.

En modo de operación automático, se puede visualizar las condiciones de operación en la barra de estados, al igual que en el menú proceso, se pueden observar las alarmas de “Térmicos”, “Vibración”, “Tapa” al estar en rojo la luz piloto indica que la tapa está abierta, mientras que al estar cerrada la luz piloto se pone en verde, adicionalmente, se puede observar la alarma de “Fallo Energía”, que indica que existió un fallo de energía al tornarse

de color rojo la luz piloto. También se puede visualizar la ubicación del rascador, mediante el accionamiento de sensores inductivos.

Para iniciar con el modo de operación automático, es necesario ingresar los tiempos de operación de “Carga” en un rango de 0-36 minutos, “Lavado Acido” de 0-18 minutos, “Secado” de 0-36 minutos, “Lavado Cent” de 0-36 minutos, una vez ingresados los tiempos de operación se pulsa “Autoconectar” para iniciar el proceso (Figura 2.74) y se acciona la luz piloto de color verde, indicando que ha iniciado el proceso. El botón “Nuevo Proceso” se pulsa una vez terminado un proceso para encerrar los tiempos de operación e ingresar nuevos tiempos para un nuevo proceso, mientras que el botón “Desconectar” se usa para finalizar el proceso. El botón “Restablecer Memoria” tiene la función de restablecer el estado de las fases del proceso guardados en la memoria remanente, luego de haber un fallo de energía eléctrica. Al conocer la fase del proceso en el cual se dio el fallo de energía, se procederá a tomar una decisión adecuada para finalizar el proceso y así reestablecer la memoria remanente del PLC.



Figura 2.74. Interfaz de usuario 3, pantalla para configuración de parámetros en modo de operación automático.

En la ventana de supervisión, el operario puede visualizar el cumplimiento de cada fase del proceso (carga de producto, lavado, secado, descarga de producto y lavado de la centrifuga), al encenderse la luz piloto correspondiente a cada etapa, si ocurriera una falla de energía eléctrica, el PLC guarda en su memoria remanente la fase de proceso que se ha cumplido, con el objetivo de finalizar el proceso de la forma más conveniente, al restablecerse la energía eléctrica.

También se puede visualizar las alarmas de sobrecarga en “Térmicos” y vibración excesiva en “Vibración”. En cuanto al nivel se puede visualizar el nivel de ácido acético para lavar el

producto y la canasta, el cual se encuentra en un tanque de 1,94 m de alto. En caso de que el nivel sea inferior a 0,25 m el medidor de nivel en el HMI se torna rojo. Las bombas de carga de producto y lavado disponen de luces piloto cada una, se tornan en color verde al estar encendidas, caso contrario en color gris. Al iniciar el proceso, en cada fase se enciende la luz piloto correspondiente a cada bomba en el HMI. La velocidad de rotación de la canasta se puede visualizar durante todo el desarrollo del proceso, para el secado es necesario un incremento de velocidad de rotación de la canasta, es necesario que el operario supervise el normal desarrollo del proceso, y en caso de suceder cualquier anomalía pulsar el paro de emergencia (Figura 2.75).

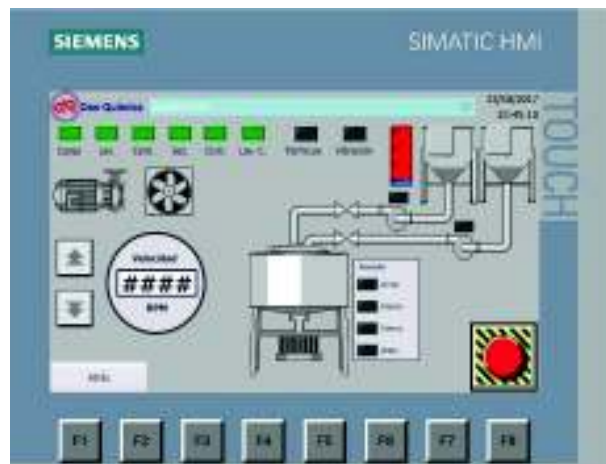


Figura 2.75. Interfaz de usuario 4, pantalla para supervisión en modo de operación automático.

En modo de operación manual se pueden visualizar las alarmas, velocidad de rotación de la canasta, nivel de ácido acético, el funcionamiento de la bomba hidráulica y el ventilador que parpadean al estar encendidos.

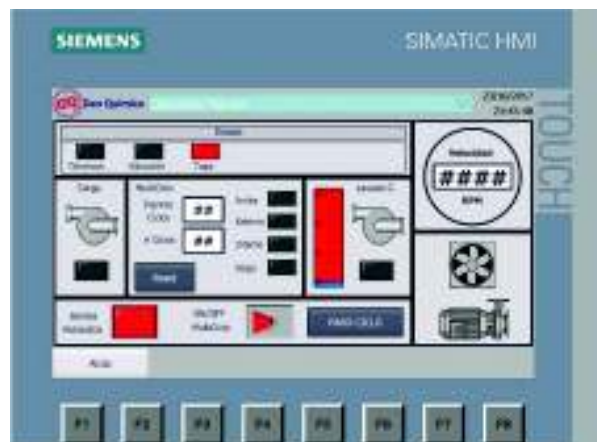


Figura 2.76. Interfaz de usuario 5, pantalla para modo de operación manual.

Se dispone de la opción de realizar varios ciclos, en caso de que el producto secado sea persistente, eso depende de contextura del producto. Se implementó este modo de operación debido a que al cargar el producto exista vibración excesiva, pero se pueda controlar ese estado, bombeando ácido acético a la canasta para uniformizar el producto en las paredes de la canasta y de esta forma mitigar la vibración. También para establecer los tiempos de operación, para obtener determinada cantidad de producto en kilogramos, y una vez conocido los tiempos poder acceder a operación automática. La opción de multicilcos hay que activarla mediante el switch ubicado en la parte inferior del HMI, también se tiene la opción de detener el ciclo de rascador, en caso de que la velocidad de rotación no sea la adecuada para realizar la descarga y pueda suceder algún percance mecánico o accidente (Figura 2.76).

Se diseñó el menú “DIAGNOSTICO” para diagnosticar posibles fallos con las entradas o salidas del PLC, conexiones eléctricas o para restablecer las alarmas de fallo por sobrecarga o vibración excesiva como se indica en la Figura 2.77.



Figura 2.77. Interfaz de usuario 6, pantalla para diagnóstico del sistema.

Con el acceso a “Diagnóstico Entradas” (Figura 2.78), se puede observar cada una de las entradas del PLC y del módulo de extensión, así como también la asignación de los dispositivos a cada una de las entradas. El objeto es que si se presenta algún fallo poder determinar si esta averiado el dispositivo, hay ruptura de cable, fallo en la conexión o en el peor de los casos una entrada del PLC averiada.



Figura 2.78. Interfaz de usuario 7, pantalla para visualización del estado de las entradas digitales.

En la ventana “Diagnostico Salidas” (Figura 2.79) se puede visualizar las salidas del PLC y del módulo de extensión, con sus respectivos dispositivos asignados, se puede realizar el mismo diagnóstico que con las entradas del PLC.



Figura 2.79. Interfaz de usuario 8, pantalla para visualización y operación de las salidas digitales.

En “INFORMACIÓN DEL PROYECTO” se tiene acceso a la información de, nombre del proyecto, fecha de creación, los autores y la descripción, como información adicional, como se indica en la Figura 2.80.



Figura 2.80. Interfaz de usuario 9, pantalla para visualización de información del proyecto.

En “INFORMACIÓN GENERAL” (Figura 2.81) se tiene las opciones, Estado/forzado del PLC SIMATIC, en la que se puede visualizar el estado del PLC, en caso de existir algún error se mostrará el evento, con registro de fecha y hora. Información del sistema, que indica el tipo de conexión entre el PLC y el panel táctil y Tareas varias, en donde se tiene las opciones “Online” y “Offline”, para conectarse con un dispositivo externo, “Transferencia” para transferir el programa, “Cambiar de idioma” para elegir el idioma del panel táctil, y “Salir de runtime”, para ir a la presentación por default del panel táctil.



Figura 2.81. Interfaz de usuario 10, pantalla para visualización de información general.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se incluyen los requerimientos y soluciones planteadas para la rehabilitación de la centrifugadora, resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento en el sistema eléctrico, que abarca conexiones eléctricas, uso de los sensores y actuadores, elementos de control y maniobra, de igual forma en el sistema hidráulico, las pruebas de los actuadores, elementos de control y maniobra, circuito de transporte del fluido hidráulico.

Se evalúa también el funcionamiento de la medición de velocidad con el tacogenerador, medición de nivel con el sensor ultrasónico y sus acondicionamientos de señal, el ajuste del set point del switch de vibración y su restableciendo luego de ser accionado por una falla, la puesta en marcha de la centrifuga, el funcionamiento del rascador y de la tapa, las líneas de transporte de producto (ácido acetilsalicílico) y líquido para lavado de producto y de la canasta (ácido acético) desde cada uno de sus contenedores, posibles errores o fallos, condiciones iniciales de operación o fallo de energía eléctrica, los tiempos de producción, enfocado en el cumplimiento de los tiempos de cada etapa del proceso y finalmente el producto obtenido sus condiciones y características.

3.1 Rehabilitación de la parte exterior de la centrifugadora

Se rehabilitó la parte externa de la centrifugadora con el fin de tener apta toda la estructura y componentes de los sistemas eléctrico, hidráulico y mecánico, para poder realizar las respectivas pruebas de funcionamiento de forma parcial y luego durante el proceso. Es indispensable que durante el proceso, no haya fugas de fluido hidráulico, ni de ácido acético o ácido acetilsalicílico, motivo por el cual se revisaron cañerías y mangueras. Es importante que la centrifugadora se encuentre sujeta correctamente al suelo debido a que alcanza velocidades de alrededor de 800 revoluciones por minuto y en ocasiones produce vibración en el momento de carga del producto químico, por lo tanto se realizaron los ajustes necesarios para empotrar correctamente la centrifugadora al suelo a través de los pilares.

Es necesario que la estructura externa de la centrifugadora no presente óxidos por lo que se le realizó limpieza, para que no haya afectaciones o alteraciones en el tratamiento del ácido acetilsalicílico. Se recubrió con pintura la estructura sobre la que se asienta la centrifugadora para evitar la oxidación, debido a que el contacto con el ácido acetilsalicílico o ácido acético provoca la oxidación de las partes metálicas. En la Figura 3.1 se puede apreciar la centrifugadora rehabilitada y lista para realizar las pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico y del sistema hidráulico.



Figura 3.1. Centrifugadora N° 1, DAN QUIMICA C.A.

Sistema eléctrico

El sistema eléctrico que comanda la centrifugadora fue rediseñado en su totalidad para lograr la automatización de la misma. Se realizó las conexiones eléctricas (Figura 3.2) en el tablero y en sus exteriores hacia los actuadores, sensores, elementos de control y maniobra.



Figura 3.2. Realización de conexiones eléctricas.

Se instaló el nuevo tablero eléctrico y se comprobó que la alimentación principal sea de 440 VAC, voltaje entre línea – línea (Figura 3.3), que es el voltaje necesario para poner en marcha el sistema control y de potencia, se conectaron los cables a la entrada del interruptor seccionador principal ubicado en el costado del tablero, para así poner en marcha las pruebas de funcionamiento.



Figura 3.3. Mediciones de voltaje realizadas en la entrada de los circuitos.

Se verificó que el voltaje para el circuito de control sea de 220 VAC entre línea-línea a la salida del transformador TF1 (Figura 3.4), un transformador reductor con relación 2:1. Las pruebas realizadas fueron satisfactorias, encontrándose los niveles de voltaje aptos para la operación de la máquina, por lo que se puede poner en funcionamiento el sistema eléctrico de potencia y control.



Figura 3.4. Medición de voltaje realizada en la entrada del circuito de control.

Sistema hidráulico

Las pruebas de funcionamiento del sistema hidráulico están precedidas por las pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico, una vez probados los accionamientos de los elementos de control y maniobra del sistema eléctrico, se procedió a probar el sistema hidráulico.



Figura 3.5. Conexión de mangueras y medición de presión de aceite en el sistema hidráulico.

Las pruebas se inician accionando la bomba hidráulica principal, con el objetivo de hacer circular el fluido hidráulico por todo el circuito, se verificó que la presión marcada por el manómetro (Figura 3.5) fuera la correcta y de esta forma descartar una gran fuga de fluido o falta de presión para la operación del sistema.

Se accionaron cada uno de los actuadores y se verificó que los elementos de regulación y control hidráulicos, no presenten fugas (Figura 3.6), en el caso de la bomba hidráulica de pistones axiales y la bomba de caudal variable, que no haya ruido proveniente del rozamiento o ruptura de piezas internas, lo que podría evidenciar un posible fallo mecánico.



Figura 3.6. Conexiones de cañerías del circuito hidráulico y comprobación de fugas.

3.2 Medición de velocidad con el tacogenerador

Visualizar la velocidad de giro de la canasta de la centrifugadora, es de suma importancia debido a que durante el proceso hay velocidades específicas que tiene que alcanzar la canasta para iniciar la carga, lavado producto y esta velocidad tiene que incrementarse para poder realizar el secado de producto, de esta forma obtener el producto en estado sólido y listo para los siguientes tratamientos.

Tanto en modo manual como automático es posible visualizar la velocidad, además se comprobó que el accionamiento de los finales de carrera ubicados en la parte superior de la bomba hidráulica de caudal variable se accionaran, el FC-1 al alcanzar una velocidad de 400 a 450 rpm aproximadamente y el FC-2 al alcanzar una velocidad de 800 a 850 rpm, esta verificación se realizó haciendo uso de un tacómetro analógico, el cual se colocó en el eje de la canasta al estar girando, como se indica en la Figura 3.7.



Figura 3.7. Medición de velocidad con el tacómetro.

Se tomaron varias medidas para asegurar que la velocidad de giro fuera la correcta. En la Tabla 3.1, se indican la velocidad medida con el tacómetro y la visualizada en el HMI.

Tabla 3.1. Calculo de errores en la medición de velocidad en RPM de la canasta.

V. del tacómetro	V. del HMI	Ea	Er (%)
210,00	199,00	-11,00	5,24
320,00	307,00	-13,00	4,06
420,00	408,00	-12,00	2,86
530,00	546,00	16,00	3,02
630,00	605,00	-25,00	3,97
740,00	755,00	15,00	2,03
810,00	805,00	-5,00	0,62

El tacogenerador usado tiene una salida de voltaje alterno, por lo que fue necesario realizar la rectificación, acondicionamiento y filtrado de la señal, para usarla junto con una entrada analógica del PLC y poder visualizar la velocidad en RPM, en el panel táctil como se indica en la Figura 3.8.

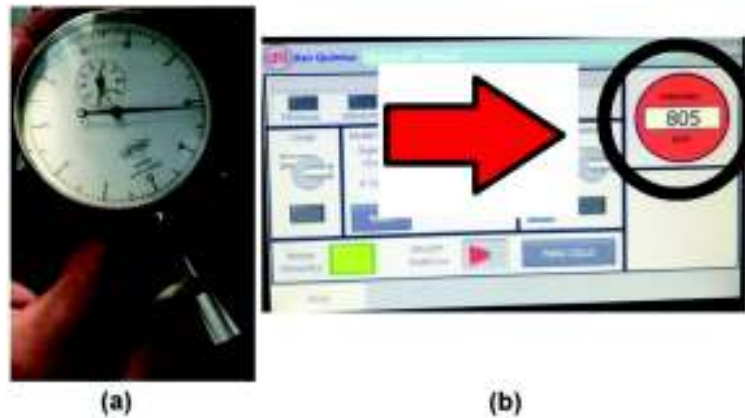


Figura 3.8. Visualización de velocidad. (a) Tacómetro. (b) Panel táctil.

3.3 Medición de nivel con el sensor ultrasónico

Para conocer el nivel de ácido acético en el tanque de almacenamiento, con el cual se realiza el lavado de ácido acetilsalicílico (producto) y lavado de la centrifuga, se usó un sensor ultrasónico, el cual dispone de una salida analógica de 0-5 VDC, la cual fue normalizada a un voltaje directo de 0-10 VDC para usarlo con la entrada analógica del PLC. Mediante la integración del sensor y el PLC se consiguió visualizar el nivel de ácido acético en el panel táctil HMI y de esta forma estar prevenidos ante posibles faltas de ácido durante el normal desarrollo del proceso.

Para el cableado desde el PLC hasta donde se encuentra el sensor ultrasónico se usó cable apantallado, para reducir las interferencias y se respetó la distancia a la cual se pueden llevar las señales en voltaje continuo DC, que es de 30 metros [34]. Se instaló el sensor en la parte superior del tanque y mediante programación se adecuo la señal analógica recibida por el PLC, para que el panel táctil indique el nivel de líquido en el tanque. Antes los operarios tenían que ir y visualizar físicamente el nivel de líquido, pero con el sistema implementado lo podrán hacer remotamente a través del panel táctil.

A continuación en la Tabla 3.2, se indican los resultados obtenidos en las mediciones de nivel en el tanque de ácido acético y en la Figura 3.9 se indica el nivel en el HMI.

Tabla 3.2. Cálculo de errores en la medición de altura de ácido acético en metros del tanque de almacenamiento

Altura [m]	Ultrasónico [m]	Ea	Er(%)
0,6	0,58	-0,02	3,64
0,9	0,88	-0,02	2,44
1,2	1,23	0,03	2,25

Altura [m]	Ultrasónico [m]	Ea	Er(%)
1,5	1,52	0,02	1,66
1,8	1,77	-0,03	1,83

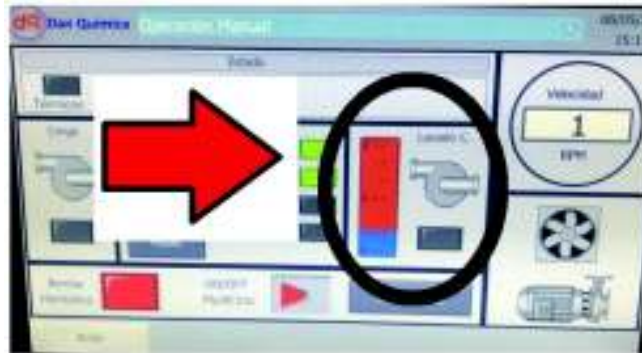


Figura 3.9. Visualización del nivel de ácido acético en el HMI

3.4 Ajuste del setpoint del switch de vibración

Se montó el switch de vibración alineado con el eje sensible horizontal, ya que la mayoría de las máquinas vibran más en el plano horizontal. La unidad está montada sólidamente en la carcasa de la máquina con la placa de identificación en el plano horizontal, de modo que su eje sensible esta intersectado con el eje de la máquina (Figura 3.10).

Cuando el control se gira en el sentido de las agujas del reloj hasta el fondo, la unidad está configurada para disparar al máximo nivel de vibración nominal. La manera más común de configurar el switch de vibración, según el fabricante es retroceder el control del punto de ajuste hasta que la unidad se desconecte, luego girar el control hacia el lado contrario un número de vueltas estimado, para dar un punto de ajuste aproximadamente 50% por encima del nivel de vibración normal.

Con la consideración del fabricante, se procedió a encender la máquina, con el ajuste del switch de vibración a cero, se llevó a velocidad máxima la canasta aproximadamente a 800 rpm, como la alarma se disparaba se movió el control hasta que la alarma dejara de dispararse. Se dieron 4 vueltas y se estableció como punto de vibración normal, luego se procedió a dar 4 vueltas más para dejar un ajuste de aproximadamente del 50% por encima del nivel de vibración normal.

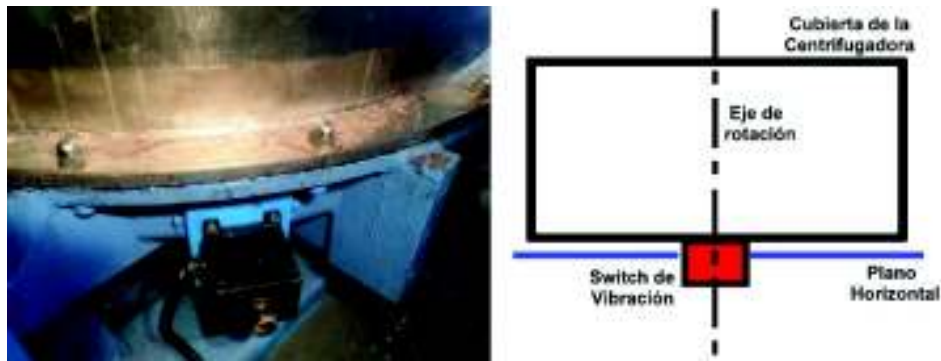


Figura 3.10. Instalación del switch de vibración.

3.5 Funcionamiento de la tapa

El movimiento de la tapa de la centrifugadora se logra con un elemento de maniobra ubicado en el tablero de control, el cual es un selector de 3 posiciones, en la estructura de la centrifugadora se ha colocado un sensor de proximidad inductivo el cual se acciona si la tapa se encuentra cerrada y envía la señal al PLC (Figura 3.11), se tiene que manipular la tapa de la centrifugadora (abrir o cerrar la tapa) debido a que en su interior, para el proceso, se debe colocar una malla en las paredes de la canasta para el filtrado del ácido acetilsalicílico, también para dar mantenimiento y limpieza. Se observó que durante el funcionamiento no haya fuga de líquido hidráulico en las mangueras y los cilindros hidráulicos.

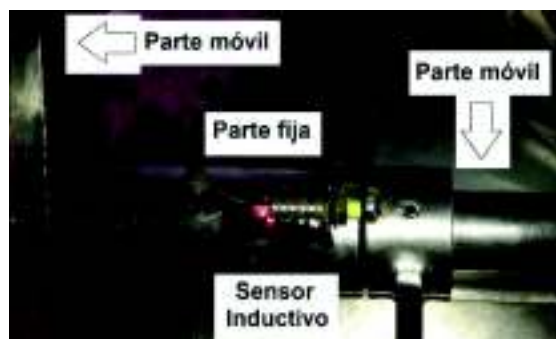


Figura 3.11. Operación de la tapa de la centrifugadora.

El sistema que abre y cierra la tapa es hidráulico, dispone de un pistón de doble efecto a cada lado de la tapa y son controlados por electroválvulas, se comprobó su funcionamiento luego de encender la bomba hidráulica y accionar el selector en la posición de “abrir” para abrir la tapa y luego en la posición de “cerrar” para cerrar la tapa. También se tomó en cuenta que se accionara el sensor al estar la tapa cerrada y se mostrará en el panel táctil una animación que indica la tapa abierta o cerrada (Figura 3.12).

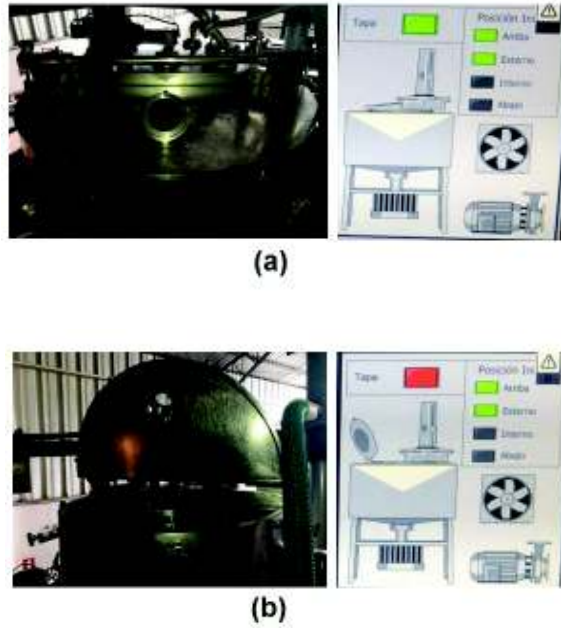


Figura 3.12. (a) Tapa cerrada y animación en el HMI. (b) Tapa abierta y animación en el HMI.

3.6 Funcionamiento del rascador

El funcionamiento del rascador se realiza pulsando el botón “Ciclo” (Figura 3.13b) ubicado en el panel de control de la centrifugadora, en la ventana de “PROCESO” se puede apreciar la posición inicial del rascador la cual es detectada por los sensores de proximidad inductivos (Figura 3.13a). Es condición primordial que el rascador se encuentre en posición inicial para realizar el ciclo de descarga.

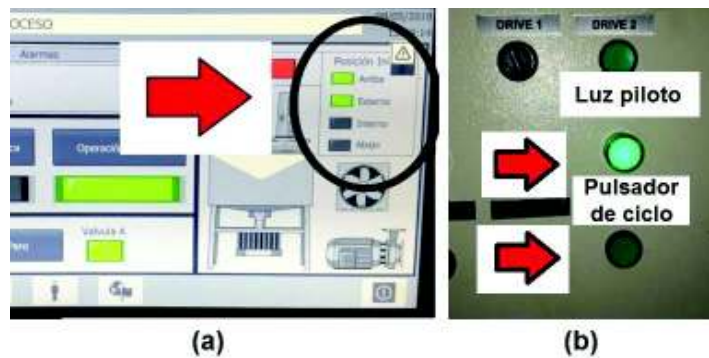
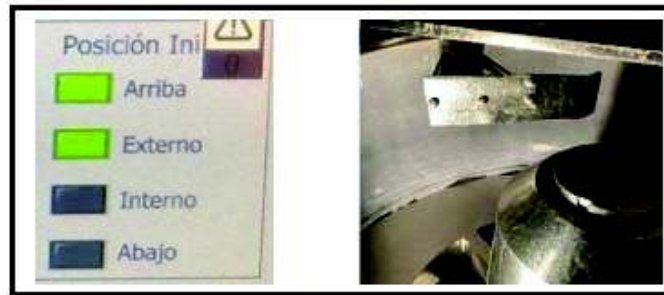


Figura 3.13. (a) Rascador en posición inicial. (b) Luz piloto que indica la realización del ciclo de descarga y pulsador de ciclo.

Con la bomba hidráulica encendida y en modo de operación manual se procedió a realizar independientemente el ciclo de descarga para comprobar el correcto funcionamiento del

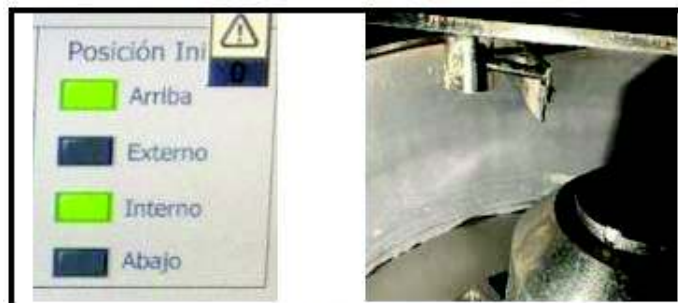
rascador. Por otra parte se constató la iniciación automática, apagando el sistema por completo, con el rascador en una posición aleatoria, efectivamente al volver a iniciar el sistema, el rascador se colocaba en posición inicial para realizar el proceso.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 3.14. Ciclo del rascador para descargar el producto. (a) Rascador en posición inicial, Arriba (UP) - Externo (OUT). (b) Rascador Arriba (UP) - Cerrando. (c) Rascador Arriba (UP) - Interno (IN). (d) Rascador Bajando - Interno (IN). (e) Rascador Interno (IN) - Abajo (DOWN). (f) Rascador Abriendo - Abajo (DOWN). (g) Rascador Abajo (DOWN) - Externo (OUT). (h) Rascador Subiendo - Externo (OUT).

Inicialmente no se cumplía la condición para poder iniciar el ciclo de descarga en modo manual, debido a que únicamente el sensor de proximidad que marcaba la posición “externa” enviaba la señal y el de posición “superior” no enviaba su señal. Por lo que se tuvo que ingresar a “DIAGNÓSTICO” – “Diagnóstico Salidas” (Figura 3.15) y manipular manualmente la salida que maneja la electroválvula que sube el rascador, de esta forma se logró que se ubicará el rascador en su posición inicial.

Este problema se suscitó debido a que el rascador se desplazó un poco hacia abajo, lo que impedía que el sensor de proximidad de posición “superior” enviara la señal. Una vez solucionado el inconveniente, se tomó en cuenta la opción de realizar la inicialización automática del rascador, si al iniciar el sistema no se encontrará en posición inicial de operación.

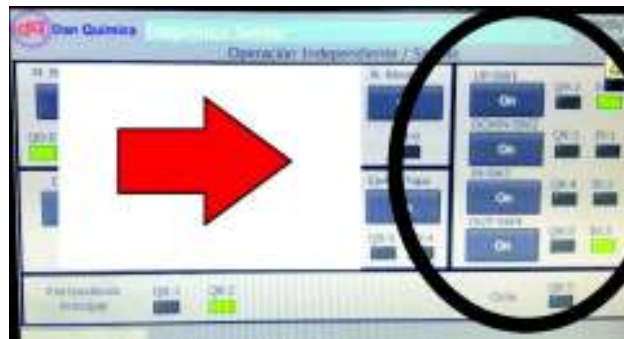


Figura 3.15. Ventana de “Diagnóstico Salidas”, botones para operación manual del rascador.

3.7 Líneas de carga de ácido acetilsalicílico y ácido acético

Para transportar el ácido acetilsalicílico del reactor ubicado junto a la planta de centrifugación y el ácido acético proveniente de un tanque de almacenamiento ubicado en otra sección (Figura 3.16), se usan tuberías de acero inoxidable y bombas las cuales están comandadas desde el tablero de control.

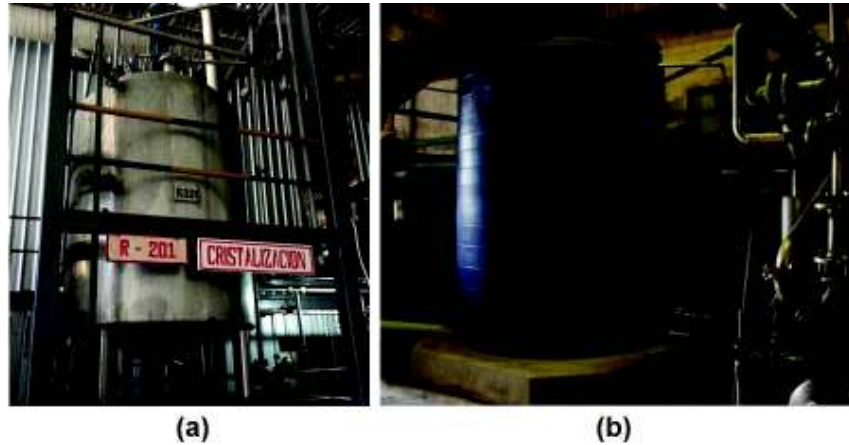


Figura 3.16. (a) Tanque de almacenamiento de ácido acetilsalicílico. (b) Tanque de almacenamiento de ácido acético.

Se constató el encendido de las bombas desde el tablero de control, después para efectos de prueba se inyectó ácido acético en ambas tuberías ya que este es capaz de limpiar y eliminar cualquier obstrucción o impureza dentro de las tuberías. Como resultado se encontró que una tubería poseía fugas en una brida y que la otra estaba obstruida con material químico solidificado. Se dio solución al problema cambiando los empaques de las bridas y retirando el material solidificado en la tubería.

Se realizó la carga de ambos productos a la canasta de la centrifugadora y se verificó que no existiera fuga o alguna obstrucción en las líneas de carga, no fue necesario realizar purga a las tuberías ya que estas no tienen un recorrido de larga distancia. En la Figura 3.17a se indica las bridas colocadas para el ingreso de ácido acetilsalicílico y ácido acético a la canasta, mientras que en la Figura 3.17b se indica la estructura de las tuberías para esparcir el ácido acetilsalicílico y ácido acético en la canasta.



Figura 3.17. (a) Líneas de ingreso de producto y líquido madre. (b) Tuberías de ingreso de ácido acético y ácido acetilsalicílico a la canasta.


3.8 Alarmas y fallos

En esta sección se indica el funcionamiento de cada dispositivo de protección, su función en el sistema de control y los resultados que se obtienen al accionarse cada uno de ellos.

Alarma por accionamiento de relé de sobrecarga

El sistema está diseñado para detenerse por completo si en modo automático o manual durante el proceso, se accionan los relés de sobrecarga de la bomba hidráulica, motor eléctrico de la bomba de caudal variable, motor del ventilador o bomba de suministro de ácido acetilsalicílico o ácido acético. En cualquier modo de operación seleccionado se impide el inicio de un nuevo proceso si se encontrara activada la alarma de sobrecarga

Cada uno de los motores que intervienen en el proceso, disponen de su respectiva protección de sobrecarga, al presentarse el accionamiento de uno de ellos, se presenta un aviso en el panel táctil informando el fallo (Figura 3.18), se probó que se indicara la alarma (Figura 3.19) en el HMI pulsando el botón de modo “test” de cada uno de los relés térmicos y apagando el guardamotor de protección del motor de la bomba de caudal variable.



N.º	Hora	Fecha	Texto
2	14:13:07	08/05/2018	Alarma por Paro de Emergencia
1	13:10:43	06/02/2018	Alarma por Disparo de Protecciones Termicas

Figura 3.18. Visualización del aviso en el panel táctil KTP-700 (Registro de fecha y hora).

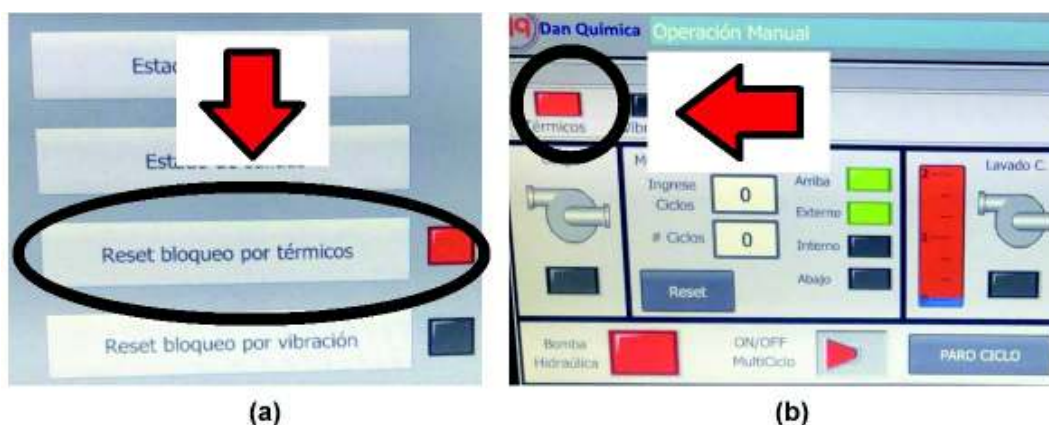


Figura 3.19. (a) Botón para resetear el bloqueo del sistema por activación de los relés térmicos. (b) Visualización de la activación de alarma en la barra de estado en el modo de operación manual.

Alarma por accionamiento de switch de vibración

Para realizar esta prueba se accionó manualmente el switch y de manera instantánea apareció el aviso de fallo (Figura 3.20) y provocó que se encendiera la luz de alarma en la barra de estado del HMI (Figura 3.21b), para restablecer el sistema es necesario recurrir al menú “DIAGNÓSTICO” y resetear la alarma (Figura 3.21a) para volver a cargar o seguir con la siguiente etapa del proceso.

Al accionar el switch de vibración se detiene la carga de producto, se visualiza el aviso y la alarma en la barra de estados en “modo manual” pero el proceso no se detiene, dando la opción de poder controlar manualmente el exceso de vibración bombeando ácido acético para balancear la canasta y mitigar la vibración. En modo de operación automático luego de existir vibración excesiva se detiene la etapa de carga.

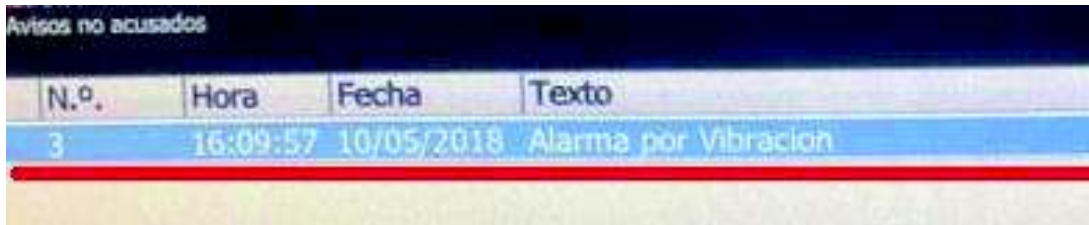


Figura 3.20. Visualización del aviso en el panel táctil KTP-700 (Registro de fecha y hora).

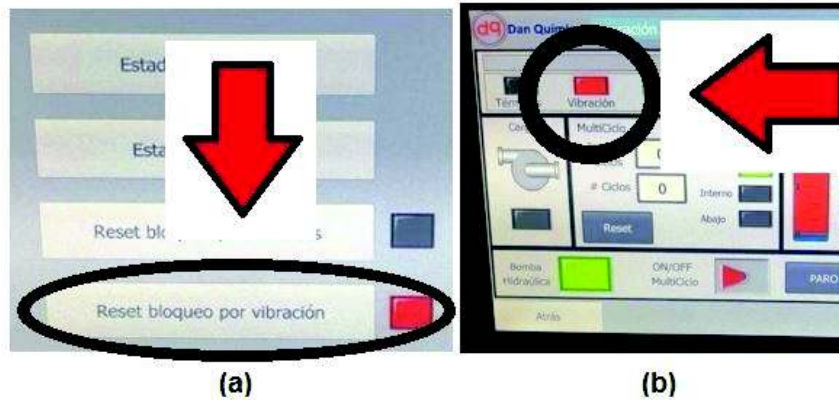
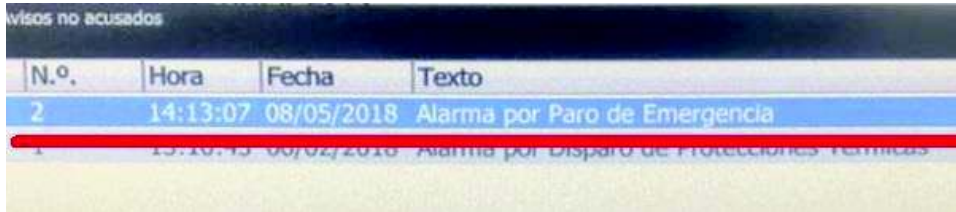


Figura 3.21. (a) Botón para resetear el bloqueo del sistema por activación de los relés térmicos. (b) Visualización de la activación de alarma en la barra de estado en el modo de operación manual.

Alarma por accionamiento de paro de emergencia

Al pulsar el paro de emergencia se constató que se detuviera por completo el sistema, sin importar el modo de operación y también que apareciera el aviso en el panel táctil (Figura 3.22). En ambos modos de operación se pulso el paro de emergencia provocando un impedimento para activar el sistema en cualquier modo de operación.



N.º	Hora	Fecha	Texto
2	14:13:07	08/05/2018	Alarma por Paro de Emergencia
1	15:10:45	06/02/2018	Alarma por Disparo de Protecciones Técnicas

Figura 3.22. Visualización del aviso en el panel táctil KTP-700 (Registro de fecha y hora).

Fallo de energía

El PLC ocupa una de sus entradas para testear la energía en el circuito, se corroboró que se guardará en la memoria remanente el informe de fallo al cortar la energía (Figura 3.23).

Esta prueba se realizó únicamente activando el modo automático y cortando la alimentación principal mediante el seccionador, pero sin dar inicio al proceso, debido a que es comprometedor perder un lote de producción de DAN QUIMICA C. A.

Durante el proceso en modo de operación automática, si existiera un fallo de energía, el PLC almacena en su memoria remanente el cumplimiento de las etapas del proceso, para que al restablecerse la energía el sistema tome la decisión más adecuada para finalizarlo.

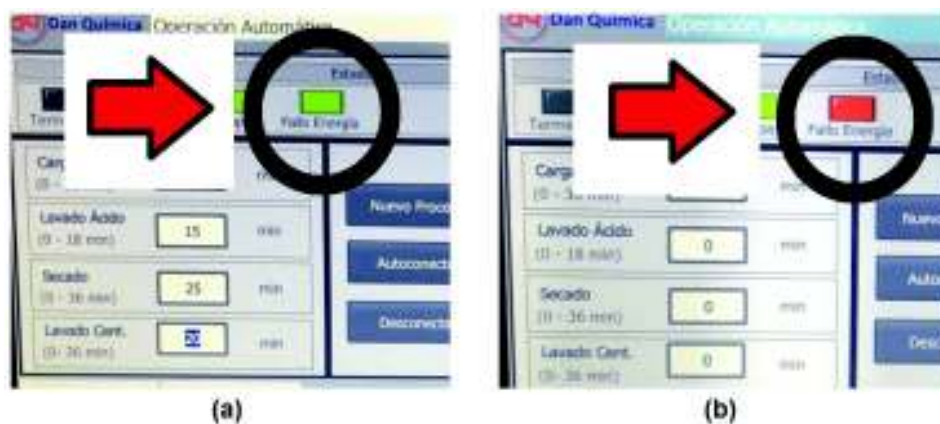


Figura 3.23. (a) Confirmación de energía (luz piloto color verde). (b) Fallo de energía (luz piloto color rojo), detectado luego de volver a encender el sistema.

3.9 Tiempos de producción

Los tiempos de producción (Figura 3.24) son de gran importancia, debido a que para usar el modo automático es necesario ingresar los tiempos de cada etapa del proceso, y eso influye en la cantidad de producto a obtener en kilogramos, ya que al final del proceso se obtiene un producto en estado sólido.

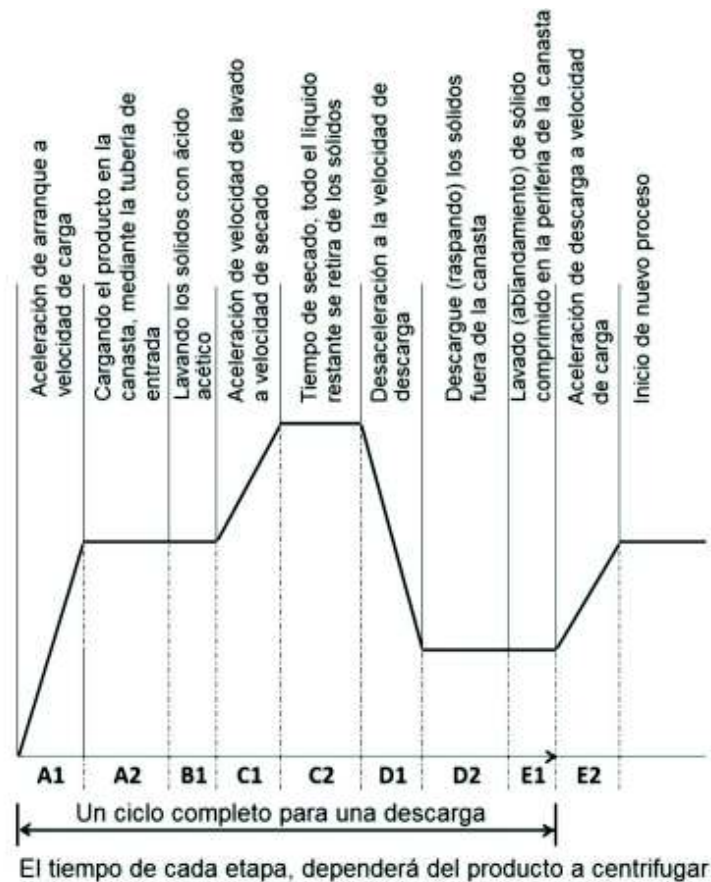


Figura 3.24. Diagrama de tiempos de operación de la centrifuga.

3.10 Funcionamiento de la centrifuga

Durante la producción es necesario ingresar a la planta con equipo de protección personal (E.P.P.). Es decir él o los operadores deben usar gorro, gafas, orejeras, mascarilla, zapatos de punta de acero. Esto se debe a que el ambiente en el cual se desarrolla el proceso es ruidoso y los gases provocados durante la centrifugación producen lagrimeo en los ojos y afectaciones a las vías respiratorias.

Para probar el funcionamiento de la centrifugadora se efectuó la energización del tablero, iniciando el funcionamiento del PLC y el panel táctil, verificando que en él se visualizara el menú principal con los botones para operación de la centrifugadora. En el menú "Proceso" se visualizó los parámetros de operación, y las condiciones iniciales para iniciar con el

proceso. Sin estar alimentada la parte de potencia, se probó que aparecieran los avisos en el panel táctil al pulsar el paro de emergencia, al pulsar el botón de modo “test” de los relés térmicos de cada uno de los motores eléctricos que intervienen en el desarrollo del proceso y al activar manualmente el switch de vibración. Los avisos mostrados fueron acusados y se restablecieron también mediante software las alarmas de accionamiento de relees térmicos y vibración para poder seguir con la prueba de funcionamiento. En modo manual el operador puede manipular cada etapa independientemente según convenga, pero específicamente cuando el producto es difícil de tratar, ya que se puede generar vibración excesiva, accionando la alarma de vibración.

El funcionamiento de la centrifuga inicia con el arranque de la bomba hidráulica, se observó que el manómetro marcará la presión adecuada, se procede a abrir la tapa de la centrifuga para revisar la malla en la canasta. Se cierra la tapa y manualmente se empieza a elevar al rotación hasta un rango de velocidad de 400 – 450 rpm, que es la velocidad a la cual se acciona el FC-1, entonces se inicia la carga del producto, durante 20 minutos, siempre comprobando que no haya exceso de vibración, luego se inició el lavado durante 10 minutos , y se pasó al secado, aumentando la velocidad hasta un rango de 800 -850 rpm, que es la velocidad a la cual se acciona el FC-2, como un indicativo de que se llegó a la velocidad requerida. Se seca el producto durante 25 minutos y se realiza el ciclo de descarga que dura 10 minutos, que es el tiempo que tarda el rascador en moverse en el interior de la centrifuga. Finalmente se lava la centrifuga por 5 minutos con líquido madre, se reduce la velocidad dando lugar a un nuevo proceso.

El modo manual ayuda a contabilizar los tiempos requeridos para producir determinada cantidad de producto en estado sólido, de esta forma si los clientes necesitan una cierta cantidad de producto, con los datos recopilados de tiempo de carga y de producto obtenido en kilogramos, en DAN QUÍMICA C.A. se puede usar la centrifuga en modo automático para iniciar el proceso de producción con la cantidad de producto en kilogramos requerida por el cliente.

En modo automático hay que ingresar los tiempos de cada etapa y supervisar el correcto desarrollo del proceso.

3.11 Producto obtenido

El personal de laboratorio por cada lote de centrifugación de ácido acetilsalicílico toma muestras para realizar pruebas al producto obtenido, donde se identifica, claridad, color, temperatura, cantidad de ácido usado, impurezas, solubilidad etc. En la Tabla 3.3 se indica las especificaciones establecidas por la empresa para la obtención de ácido acetilsalicílico.

Tabla 3.3. Especificaciones para la elaboración de ácido acetilsalicílico.

Tiempo de centrifugación	200 – 280 min
Temperatura	Máx. 32 °C
Cantidad de ácido acético	250 – 550 Litros

Con la finalidad de obtener una visión de los datos de producción más acorde con la realidad, se procedió a realizar el cálculo del promedio de estos, razón por la que fue necesario obtener la desviación estándar, con la cual se puede saber cuánto tienden a alejarse los valores tomados del promedio. Se tiene la Ecuación 3.1 y la Ecuación 3.2 para el cálculo del promedio \bar{X} y la desviación estándar σ .

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Ecuación 3.1. Valor promedio

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Ecuación 3.2. Desviación estándar.

Los datos con los que se trabajó fueron, tiempo de centrifugación, temperatura, y cantidad de ácido acético tomados de las hojas de ruta de centrifugación a partir del lote LP9190 hasta el lote LP9201.

Tiempo de Centrifugación

En la Tabla 3.4 se indica los datos del tiempo de centrifugación a partir del lote LP9190 hasta el lote LP9201.

Tabla 3.4. Datos del lote para centrifugación.

Nº	# LOTE	TIEMPO (min)
1	LP9190	240
2	LP9191	240
3	LP9192	230
4	LP9193	220
5	LP9194	240
6	LP9195	240

Nº	# LOTE	TIEMPO (min)
7	LP9196	255
8	LP9197	260
9	LP9198	255
10	LP9200	250
11	LP9201	260

Con los datos de la Tabla 3.4 se procedió a calcular el valor promedio (\bar{X}), la desviación estándar (σ) del tiempo de centrifugación, el límite superior (Ls) y el límite inferior (Li), de los tiempos de centrifugación establecidos por Dan Química, estos resultados (Tabla 3.5) fueron graficados como se indica en la Figura 3.25.

Tabla 3.5. Promedio del tiempo de centrifugación, desviación estándar, límite superior, límite inferior.

\bar{X}	244,55
σ	12,15
L _s	280,00
L _i	200,00

En la Figura 3.25 se observa en el resultado que el tiempo utilizado en el proceso para la elaboración de cada lote de centrifugación no está alejado del promedio y se encuentran dentro del rango de valores permitidos por la empresa.

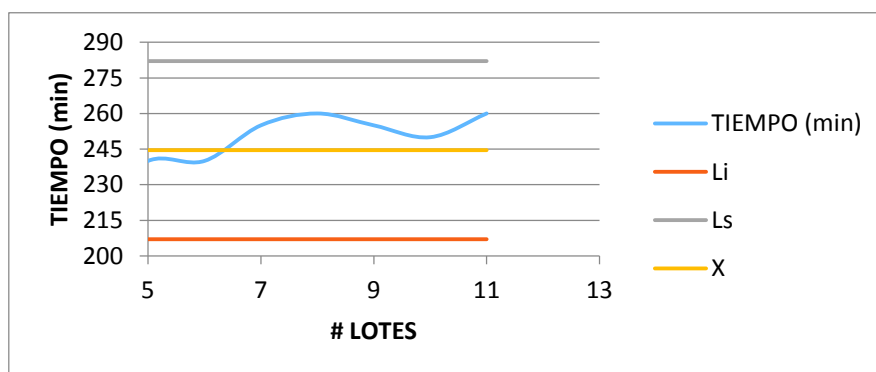


Figura 3.25. Gráfica del tiempo de centrifugación vs. Número de lotes.

Temperatura de centrifugación

Es la temperatura del producto a ser separado por el proceso de centrifugación, de igual manera se tomó los datos de temperatura de los lotes LP9190 hasta el lote LP9201 (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Datos de la temperatura del producto

Nº	# LOTE	TEMPERATURA (°C)
1	LP9190	31
2	LP9191	31
3	LP9192	31
4	LP9193	31
5	LP9194	31
6	LP9195	31
7	LP9196	31
8	LP9197	31
9	LP9198	31
10	LP9200	31
11	LP9201	31

Con los datos de la Tabla 3.6 se procedió a calcular el valor promedio (\bar{X}), la desviación estándar (σ) de la temperatura de centrifugación, el límite superior (Ls) y el límite inferior (Li) establecidos por Dan Química, estos resultados (Tabla 3.7) fueron graficados como se indica en la Figura 3.26.

Tabla 3.7. Promedio de la temperatura de centrifugación, desviación estándar, límite superior, límite inferior.

\bar{X}	31,00
σ	0,00
L_s	31,00
L_i	31,00

En la Figura 3.26 se observa que la temperatura de centrifugación tomada en dichos lotes no poseía cambio, fue constante, por lo tanto, se cumple con especificaciones establecidas por la empresa.

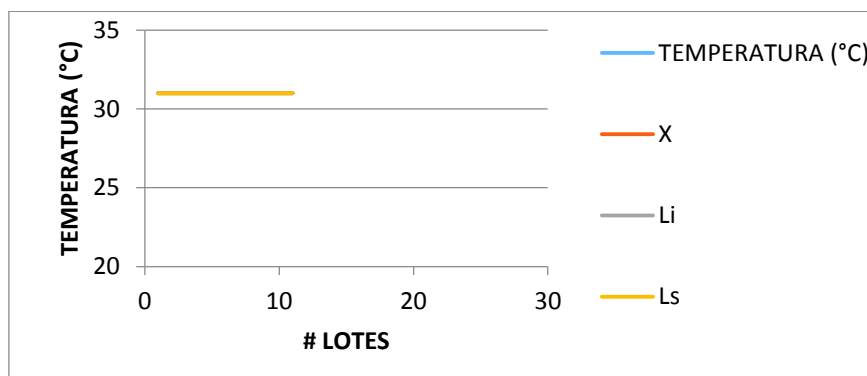


Figura 3.26. Gráfica de la temperatura de centrifugación vs. Número de lotes.

Cantidad de ácido acético

Es la cantidad en litros utilizado para lavar cristales de ácido acetilsalicílico. Se tomó los datos de litros usados a partir del lote LP9190 hasta el lote LP9201 (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Datos de la cantidad de ácido acético usado en cada lote de producto obtenido.

Nº	# LOTE	Ácido Acético(L)
1	LP9190	300
2	LP9191	420
3	LP9192	450
4	LP9193	430
5	LP9194	420
6	LP9195	450
7	LP9196	430
8	LP9197	420
9	LP9198	430
10	LP9200	430
11	LP9201	420

Con los datos de la Tabla 3.8 se procedió a calcular el valor promedio y la desviación estándar, de los litros de ácido acético usados en proceso de centrifugación, estos resultados se indica en la Tabla 3.9 y están graficados en la Figura 3.27.

Tabla 3.9. Promedio de la temperatura de centrifugación, desviación estándar, límite superior, límite inferior.

\bar{X}	418,18
σ	38,58
L_s	530,00
L_i	300,00

En la Figura 3.27, se observa la variación de la cantidad de ácido acético usado para lavar, se puede observar que solo el primer dato se aleja del promedio debido a la familiarización con el nuevo sistema, pese a esta variación los resultados no se vieron afectados ya que estos se encontraron dentro de los límites de control y de los parámetros establecidos por la empresa.

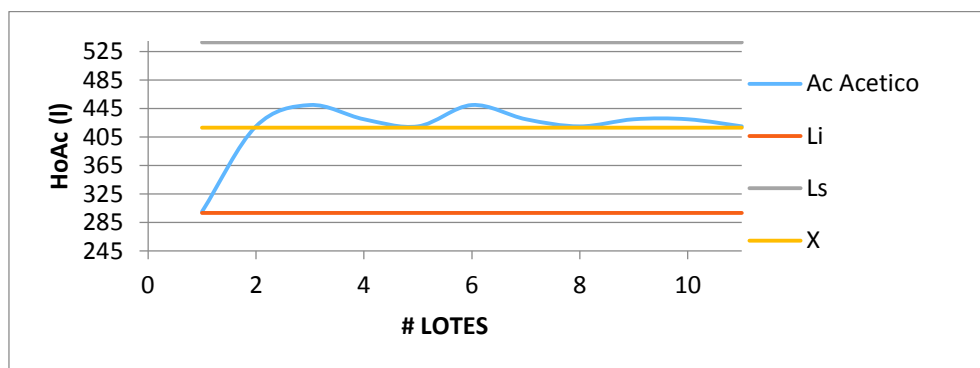


Figura 3.27. Gráfica de la cantidad de Ácido Acético para lavado de cristales de Aspirina vs. Número de lote.

Como ya es conocido después de la centrifugación vienen las etapas de secado del producto y tamizado, una vez cumplidas estas etapas, el producto final (Figura 3.28) se almacena en una funda de polietileno colocada dentro de cajas de cartón corrugado o sacas. El producto tiene un periodo de vida útil máximo de dos años, bajo condiciones y especificaciones establecidas por la farmacopea (BP 2009).



Figura 3.28. Producto final para la venta.

3.12 Costo del proyecto

A continuación se describen los costos de los materiales, equipos, dispositivos electrónicos, elementos hidráulicos y costos de ingeniería para elaborar el proyecto.

Costo de materiales

En la Tabla 3.10, se muestra los materiales empleados para el diseño de la parte eléctrica para la automatización de la centrifugación.

Tabla 3.10. Descripción de los materiales adquiridos para la automatización del a centrifuga.

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Botonera Tipo Hongo 22mm Metálico C/Retención Siemens	1	21,70	21,70
Breaker p. riel 63a 3p 5sl3 Siemens	1	41,54	41,54
Bornera para cable 12 AWG	100	0,50	50,00
Breaker p. riel din 10a 2p Siemens	1	23,20	23,20
Canaleta Gris Ranurada DEXSON 25x40	2	4,83	9,66
Canaleta Gris Ranurada DEXSON 22x30	2	3,90	7,80
Contactador 3F 18 A 220 v CHINT 3 polos	2	19,00	38,00
Contactador 3F 32 A 220 v CHINT 3 polos	2	30,70	61,40
Contactador 50 A bobina 220v	1	131,10	131,10
Contactador 18a 5hp 220v gmc LG 3 polos	2	34,08	68,16
Cable STP cat 5e blindado Ubuquity	40	0,90	36,00
Estructura soporte para tablero	1	40,00	40,00
Fuente logo Siemens 110-220V a 24 VDC	1	121,00	121,00
Fusible concéntrico Camco 2 A 10x38mm	4	0,37	1,48
Guarda motor termomagnético rango 0.4 a 0.63 A mpw25 marca: Weg	1	25,50	25,50
Luces Piloto Led Verde 220 VAC Camco	5	6,10	30,50
Marquilla Letra A 20A 10 DEXTON	1	1,34	1,34
Marquilla Letra B 20A 10 DEXTON	1	1,34	1,34
Marquilla Letra C 20A 10 DEXTON	1	1,34	1,34

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Marquilla Letra L 20A 10 DEXTON	1	1,34	1,34
Marquilla Letra M 20A 10 DEXTON	1	1,34	1,34
Marquilla Letra X 20A 10 DEXTON	1	1,54	1,54
Marquilla Número 3 20A 10 DEXTON	1	1,53	1,53
Marquilla Número 4 20A 10 DEXTON	1	1,53	1,53
Marquilla Número 5 20A 10 DEXTON	1	1,53	1,53
Marquilla Número 6 20A 10 DEXTON	1	1,53	1,53
Marquilla Número 0 20A 10 DEXTON	1	1,53	1,53
Patch Cord RJ 45 blindado cat 5e	2	3,00	6,00
Pulsador Verde Metálico Siemens	7	8,12	56,84
Pulsador Rojo Metálico Siemens	1	10,10	10,10
Relé térmico 4-6A g.	1	25,71	25,710
Relé 11 pines circ. 220v 5a Camsco	10	4,60	46,00
Relé Térmico 25/23-32A	1	17,00	17,00
Relé 11 pines circ. 220v 5a Camsco	4	4,60	18,40
Relé Térmico 20-50 A G.E	1	48,50	48,50
Riel DIN	2	4,00	8,00
Remaches de Aluminio 3/8	100	0,10	10,00
Repartidor 4 polos 125 amp. Legrand 04888	1	35,67	35,67
Rollo cable flexible AWG 16 Azul	1	30,00	30,00
Rollo cable flexible AWG 16 Negro	1	30,00	30,00
Rollo cable flexible AWG 16 Rojo	1	30,00	30,00
Rollo cable flexible AWG 16 blanco	1	30,00	30,00
Selector 2 Posiciones Siemens	3	19,10	57,30
Selector de 3 posiciones Signaling Siemens	2	11,20	22,40
Sócalo para guarda motor Weg	1	6,00	6,00
SUBTOTAL			1403,23
IVA			168,38
TOTAL (USD)			1571,61

Costo de equipos

En la Tabla 3.11, se muestra el costo de los equipos utilizados

Tabla 3.11. Costo de los equipos.

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Simatic Modulo de Señal SM1223 24VDC Salida Digital	1	547,00	547,00
Simatic CPU 1212c AC/DC/RELE/ Alimentación 110/220 VAC	1	473,00	473,00
Transformador de aislamiento 440/220	1	75,00	75,00
Simatic Panel Basic HMI KTP 700 V13 6AV2123-2GB03-0AX0	1	1410,00	1410,00
SUBTOTAL			2505,00
IVA			300,60
TOTAL (USD)			2805,60

Costo de dispositivos electrónicos

En la Tabla 3.12, se muestra los costos de los sensores y elementos necesarios para el acondicionamiento de la señal del tacogenerador y del sensor ultrasónico.

Tabla 3.12. Dispositivos electrónicos para acondicionar la señal del tacogenerador y del sensor ultrasónico.

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Puente de diodos	1	0,30	0,30
Condensador de 10uf 50v	1	0,10	0,10
Condensador de 1uF 50v	2	0,10	0,20
Circuito integrado LM324	1	0,70	0,70
Resistencias 10K 1/4 W	5	0,10	0,50
Resistencias 5.6K 1/4 W	3	0,10	0,30
Cloruro Férrico	1	2,00	2,00
Placa para circuito impreso 50x50 cm	1	1,50	1,50
Sensor ultrasónico MAX sonar EX	1	47,00	47,00
Cautín 60 W	1	7,00	7,00
Estructura montaje sensores	2	5,00	10,00
Sensor magnético HYP 10-30 VDC	4	25,00	100,00
Cinta Aislante	1	0,80	0,80
Sensor magnético HYP 100-250 VAC	1	27,00	27,00
SUBTOTAL			197,40
IVA			23,68
TOTAL (USD)			221,08

Costo elementos sistema hidráulico

En la Tabla 3.13, se muestra los costos de los elementos necesarios para rehabilitar el sistema hidráulico.

Tabla 3.13. Elementos del sistema hidráulico.

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Tubería 1/2 con brida roscable	3	8,00	24,00
Motor siemens 1/2 HP	1	168,00	168,00
Serpentín de cobre	1	80,00	80,00
Estructura para sistema de refrigeración	1	20,00	20,00
Manguera 3/4 para transmisión acople roscable	5	45,00	225,00
Aceite para trasmisión Hidráulica L	5	25,00	125,00
Pintura Esmalte Gris	1	10,00	10,00
Pintura Esmalte negra	1	8,00	8,00
Pintura Esmalte azul	1	8,00	8,00
Empaques 1 1/2 redondo	4	2,00	8,00
Empaques 1 7/8 redondo	4	3,00	12,00

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Pernos roscable Acero INOX	15	1,50	22,50
Grasa	1	2,00	2,00
Teflón	1	0,50	0,50
SUBTOTAL			713,00
IVA			85,56
TOTAL (USD)			798,56

Costos de Ingeniería de rehabilitación y automatización de la centrifugadora

La rehabilitación del sistema conlleva una duración de 350 horas, esto es alrededor de dos meses y una semana de trabajo de 8 horas diarias. Para calcular el costo de ingeniería, se toma como valor referencial 7 dólares la hora, dando como resultado el valor de 2450 \$, dado el trabajo fue realizado por dos, se tiene un costo por ingeniería de 4900 \$.

Costo Total del Proyecto Implementado

En la Tabla 3.14 se muestra los costos de la rehabilitación de la centrifugadora de DAN QUIMICA CA.

Tabla 3.14. Costos totales del proyecto.

Costos materiales tablero	1571,61
Costos Equipos	2805,60
Costos Sensores y acondicionamientos	221,08
Costos elementos Sistema Hidráulico	798,56
Costos de Ingeniería	4900,00
Costos Total (USD)	10296,85

4. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

Para llevar a cabo el proyecto planteado fue necesario conocer sobre el proceso de elaboración de ácido acetilsalicílico (base de aspirina) en DAN QUIMICA C. A., de esta forma se tuvo una idea clara del método empleado por la empresa para procesar el producto, lo que hizo posible establecer una valoración de la centrifugadora en base al funcionamiento y el papel que juega cada uno de sus componentes.

Se realizó una valoración completa de las partes constitutivas de la centrifugadora, el sistema eléctrico, hidráulico y mecánico que influyen en el funcionamiento de la máquina para cumplir con el proceso de elaboración de ácido acetilsalicílico, permitiendo la identificación de los problemas presentes en cada sistema, se aportó con las alternativas y soluciones necesarias consiguiendo de esta manera su completa rehabilitación.

Se diseñó e implemento un sistema de control en un controlador lógico programable (PLC) por su robustez y posibilidades de ampliación de módulos de entradas y salidas, llegando a integrar todos los actuadores, sensores, elementos de control y maniobra de la máquina, para conseguir la puesta en marcha y correcto funcionamiento de la centrifugadora, logrando así incrementar la producción de ácido acetilsalicílico bajo los requerimientos de producción establecidos por DAN QUIMICA C. A.

La interfaz de hombre – máquina (HMI) implementada para la operación de la centrifugadora, permite supervisar la ejecución parcial o total de todas las etapas del proceso mediante la visualización y manipulación de los parámetros de operación en un Panel táctil, también proporcionando al operador la visualización de fallos, dando lugar a que reaccione de manera rápida ante posibles inconvenientes durante el proceso, brindando mayor versatilidad y seguridad al operador.

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema implementado y su fiabilidad al centrifugar se realizó las pruebas parciales en cada etapa del proceso en el modo de operación manual y en modo automático, se observó que los tiempos configurados para cada etapa del proceso fueran cumplidos, en ambos modos de operación verificando que las velocidades necesitadas para el proceso fueran las requeridas, también visualizando el nivel de ácido acético usado en cada lote en el HMI, corroborando la validez del sistema desarrollado.

La rehabilitación del sistema hidráulico que mueve la canasta permitió que se mantenga la capacidad de producción nominal de la máquina, ya que si se mudaba el sistema a la

utilización de un motor eléctrico para el movimiento de la canasta era necesario reducir la capacidad de procesamiento, esto permitió tener un ahorro en el uso de energía eléctrica al no utilizar motores eléctricos de gran capacidad y mantener la capacidad de producción de cada lote.

El sistema de control implementado en la centrifugadora cumple con los parámetros requeridos por la empresa DAN QUÍMICA C. A., llevando hasta la fecha (Abril del 2018) alrededor de 12 lotes de 400kg de ácido acetilsalicílico producidos.

4.2 Recomendaciones

Para la realización del mantenimiento o cambio de piezas del sistema, se debe contar con el manual de usuario y planos eléctricos donde se encuentren cada una de las conexiones eléctricas con su respectiva identificación lo que permitirá dar solución de forma más ágil a cualquier problema suscitado.

Es recomendable que, una vez terminado el proceso, se realice el mantenimiento de la centrifugadora, retirando los residuos de ácido acetilsalicílico en la canasta de la centrifuga ya que estos pueden llegar a obstruir el giro de la canasta debido al manejo de producto altamente corrosivo y de rápida solidificación.

Es importante tener en cuenta que los niveles de aceite con los que trabaja el sistema hidráulico sean los correctos, ya que si están bajos podría conllevar al daño del mismo o al mal funcionamiento del sistema.

Cuando se trabaje con el software TIA PORTAL V13 para descargar un programa nuevo, o verificación online de cualquier variable del programa, es importante tener la tarjeta de red del pc en la misma red del PLC y HMI, caso contrario la comunicación no será posible.

Es indispensable usar equipo de protección personal (EPP), debido a que los gases despididos del componente químico afecta a la vista y a las vías respiratorias, provocando lagrimeos e inflamación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Cedeño y F. Pilay, Manual de aseguramiento de la Calidad de Ácido Acetilsalicílico DAN QUIMICA, Manta, 2017.
- [2] M. Braña, L. Del Rio, C. Trives y N. Salazar, La verdadera historia de la aspirina, Montepincipe, 2005.
- [3] D. Julian, «A comparison of aspirin and anticoagulation following thrombolysis for myocardial infarction (the AFTER study): a multicentre unblinded randomised clinical trial,» BMJ, Londres, 2007.
- [4] UNAM, Procesos de Separación I, Mexico, 2010.
- [5] G. Garibay, de *Conceptos básicos acerca de centrifugación*, Mexico, 2014, p. 22.
- [6] J. García, «La Centrifugación en la industria Químico-Farmacéutica,» *Sintefarma*, 2000.
- [7] J. Monteros y P. Tayupanta, SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE SEPARACIÓN MECÁNICA SOLIDO-LIQUIDO PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS PROCEDENTES DEL DESARENADO DE LOS SEPARADORES DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO, Quito: EPN, 2012.
- [8] K. Robles , Harina y Productos del Plátano, Cali, 2007.
- [9] O. Tejeda, O. Montesinos y O. Guzmán, de *Bioseparaciones*, Mexico, Pearson, 2011, p. 850.
- [10] A. Vasquez, Validación de Metodología Analítica de Aspirina 500mg, Chile: Laboratorios Bayer, 2006.
- [11] F. Callejas, «Química Analítica Instrumental II,» de *Técnicas cromatográficas*, Universidad Autónoma de México, 2017.
- [12] ALA, *Instrucion Manual CPB*, Copenhagen, 1987.
- [13] C. Rueda, «Hidraulica Practica,» Bogota, 2014.
- [14] Duplomatic Motion Solutions, *BOMBAS DE PISTONES AXIALES DE CILINDRADA VARIABLE PARA MEDIA PRESION*, Milan, 2017.

- [15] SIEMENS, SIMATIC S7 - 1200 Easy book Manual del Producto, A5E02486778-05, 04/2012.
- [16] SIEMENS, «Visualización HMI,» 2017. [En línea]. Available: http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/Pages/Pantalla_sHMI.aspx.
- [17] SIEMENS, *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200 - Datos técnicos del módulo de entradas-salidas digitales V DC SM 1223*, Siemens, 2017.
- [18] Siemens, *Pequeña. Inteligente. LOGO!Power*, Siemens, 2017.
- [19] HYDAC - International, *Refrigerador aceite-aire*, Sulzbach/Saar, Alemania: HYDAC-International, 2011.
- [20] A. Erazo, "AUTOMATIZACIÓN DE UNA CENTRIFUGADORA PARA EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE MIEL Y AZÚCAR", Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [21] Hanyoung nux, *Round type proximity sensor*, Korea: Hanyoungnux, 2018.
- [22] F. S.A., «Ferrum Tecnología de Centrifugación,» 26 09 2011. [En línea]. Available: https://www.ferrum.net/es/gbz/news/meldungen/scraper_unit_upgrade.php.
- [23] G. Maestre, ANÁLISIS BÁSICO DE CIRCUITOS OPERACIONALES, Mexico, 2010.
- [24] V. Cervantes, Voltaje de rizado, Mexico, 2015.
- [25] M. Schiavon, Electrónica I, Fundamentos de diodos, Alicante, 2012.
- [26] M. Inc., «LV-Maxsonar-EZ-MB1000». EEUU Patente 7679996, 2015.
- [27] I. 60204-1, Norma Internacional, Madrid: AENOR, 1998.
- [28] J. Transacos, INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN, Madrid: Grupo Paraninfo, 2009.
- [29] D. Bullejos, TEMA 4: PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN., Cordova: UCO, 2005.
- [30] Schneider Electric, La protección de los circuitos, Schneider Electric, 2015.

- [31] Motortico, «El Factor de Servicio,» 31 12 2014. [En línea]. Available: <http://www.motortico.com/index.php>. [Último acceso: 14 11 2017].
- [32] H. Murillo, IE 03 RELES TERMICOS Y ELECTRÓNICOS NORMALIZADO IEC947, Lima: FIEE UNMSM, 2011.
- [33] P. Ponsa y A. Granollers, Diseño de Pantalla, Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya, 2009.
- [34] S. Kawano, M. Takahashi, T. Hine, E. Yamamoto y N. Asakawa, Rapid Commun Mass Spectrom, 2005.
- [35] DAN QUIMICA, C.A., «Centro Internacional de Comercio Electronico (All-Biz),» 2017. [En línea]. Available: <http://1955.ec.all.biz/info-about>.
- [36] Siemens, Documentación didáctica SCE para la solución de automatización homogénea TIA, 2012.
- [37] Rexroth Bosch Group, *Hydraulic components for Industrial Applications*, Lohr am Main, Alemania: Rexroth Bosch Group, 2017.
- [38] SIEMENS, «SIEMENS,» 2017. [En línea]. Available: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/43184859/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-convertir-a-milisegundos-en-step-7-\(tia-portal\)-un-valor-disponible-es-sus-d%C3%ADas-horas-minutos-y-segundos-correspondientes?dti=0&lc=es-CO](https://support.industry.siemens.com/cs/document/43184859/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-convertir-a-milisegundos-en-step-7-(tia-portal)-un-valor-disponible-es-sus-d%C3%ADas-horas-minutos-y-segundos-correspondientes?dti=0&lc=es-CO). [Último acceso: 31 11 2017].
- [39] Siemens, Simatic TIA Portal STEP 7 Basic V10.5 (Primeros pasos), NÜRNBERG, 2009.
- [40] SENPLADES, Transformación de la Matriz Productiva, Quito, Ecuador: 1ª ed. ediecuatorial, 2012.
- [41] R. Krause, «Todas las aspirinas del mundo nacerán en la fábrica de Langreo (Asturias),» *HUFFPOST*, p. 1, 04 10 2012.
- [42] I. Martin, R. Salcedo y R. Font, Operaciones separación sólido-fluido, Alicante, España: Universidad de Alicante, 2011.
- [43] S. Navarrete, «REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES», Guayaquil, Ecuador: Ed. Universidad de Guayaquil, 2010.

- [44] W. Sneader, Drug Prototypes and their Explotation, New York: J. Wiley & Sons, 1996.
- [45] S. Tarlenton y R. Wakeman, Solid Liquid Separation Equipment Selection and Process Desing, Elsevier, 2007.
- [46] L. Carvajal, Metodología de la Investgación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [47] M. Indriago, «UNEXPO,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/mindria/Unidad%203.pdf>. [Último acceso: 02 05 2018].

6. ANEXOS

ANEXO I. Manual de usuario

ANEXO II. Planos de la centrifugadora

ANEXO III. Dispositivos y equipos

ANEXO I. MANUAL DE USUARIO

En el siguiente manual se describe los requerimientos necesarios para la operación del sistema, así como procedimientos para la correcta solución de problemas que puedan presentarse.

1. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN

1.1. Puesta en Marcha

Encendido del tablero del control y tiempo de espera hasta que se acabe de encender la pantalla del HMI (aproximadamente 1min).

Encendido de la Bomba hidráulica principal mediante “P2”

Escoger el Tipo de operación (Manual- Automática) mediante el selector “I1”

Es posible realizar mantenimiento accediendo a la venta “DIAGNÒSTICO”-“Diagnóstico entradas” o “Diagnóstico salidas”.

1.2. Etapas del proceso

La Planta de Centrifugación de DAN QUIMICA C. A. cuenta con las siguientes etapas, como son la carga del producto a separar, que son ácido acetilsalicílico y ácido acético, lavado del ácido acetilsalicílico, secado, descarga y lavado de canasta con ácido acético.

Etapas de carga de producto

En esta etapa la canasta de la centrifugadora debe adquirir una velocidad de alrededor de 400-450 RPM (velocidad media) la alarma de velocidad media está definida por el final de carrera FC-1. En modo de operación manual se eleva la velocidad a través del pulsador “P4” de rotación elevada ubicado en el tablero de control y en modo automático mediante el desarrollo normal al dar inicio al proceso.

El control de la carga se realiza desde el tablero de control de forma manual por el operador a través del selector “I2” o de forma automática cuando se ha iniciado el proceso en modo automático con un tiempo previamente establecido en la ventana “Modo automático”

Etapas de lavado del producto

Esta etapa se realiza con la misma velocidad adquirida por la canasta en la etapa de carga, se dispone de una bomba (M5) para la inyección de ácido acético el cual es usado para

lavar el producto, la bomba es accionada manualmente desde el tablero de control por un operador mediante el selector “I4” o el pulsador “P6” o automáticamente desde el autómeta (PLC) si se ha elegido el modo de operación automático y se ha establecido el tiempo de lavado en la ventana “Modo automático” en el panel táctil.

Etapas de secado de producto

El producto es secado por acción de la fuerza centrífuga ejercida en la canasta de la centrifugadora, para lo cual es necesario subir la velocidad de rotación mediante el pulsador “P4” hasta una velocidad de alrededor de 800-850 RPM por un tiempo determinado por el operador cuando se encuentra en modo manual.

Etapas de descarga de producto

Para iniciar la descarga es necesario reducir la velocidad de la canasta hasta 400-450 RPM mediante el pulsador “P3” ubicado en el tablero de control, en modo manual es necesario pulsar el botón ciclo “P5” para dar inicio a la descarga, o en modo automático la descarga es realizada durante el desarrollo normal del proceso luego de adquirir la velocidad necesaria (velocidad media).

Etapas de lavado de canasta

Esta etapa es realizada al finalizar la descarga inyectando ácido acético activando el selector “I4” o el pulsador “P6” para lavar la canasta durante un tiempo establecido por el operador, o en modo automático si se ha determinado el tiempo de lavado en la ventana “Modo automático”. El proceso finaliza reduciendo la velocidad de la canasta mediante el pulsador “P3” hasta accionarse la luz piloto “Reducida” que indica velocidad baja.

2. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

- Verificar antes de abrir la tapa de la centrifugadora, que los seguros que la sujetan están libres y que no exista nada sobre ella.
- Verificar que no exista obstrucción alguna en la canasta de la centrifugadora que no la permita girar.
- Verificar que no existan obstrucciones ni problemas en la línea de carga y de lavado.

- Instalar el software de programación para el PLC S7-1 200, SIMATIC STEP 7 (TIA Portal) V13 + SP1. Recomendación: El Sistema Operativo debe ser Windows 7 en la versión Profesional.
- Para la creación de los HMI's, y la vinculación entre el PLC y la pantalla táctil se debe instalar WinCC Basic V13 o STEP 7 Basic V13.
- Para la vinculación con el panel táctil y el PLC es necesario un switch 10/100/1000 Mbps de 3 puertos o más.
- Para la comunicación entre el PLC, Panel táctil y el computador debe realizarse una conexión como se indica en la Figura 6.1.

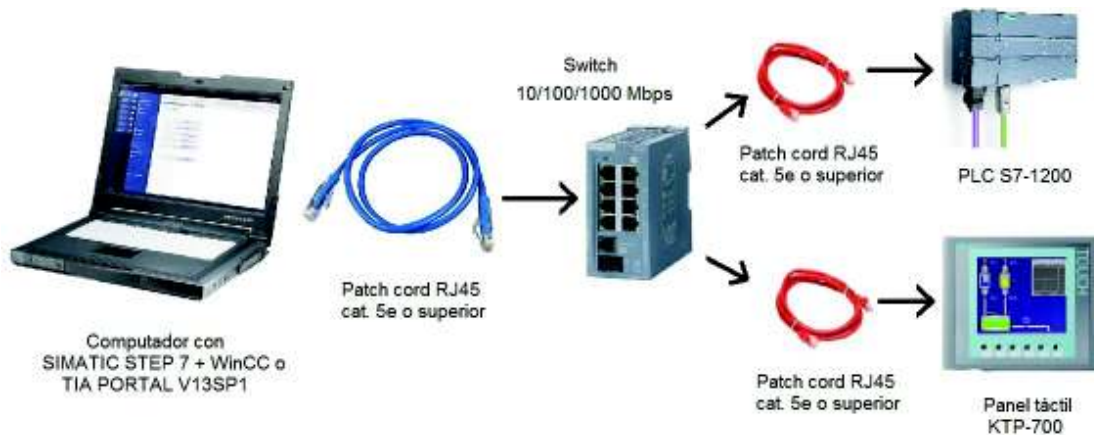


Figura 6.1. Diagrama de conexión de los equipos para la comunicación

- Para agregar los equipos se abre el Software TIA PORTAL V13 con el programa de la centrifugadora y se verifica que los dispositivos estén agregados este caso son: PLC S7 – 1200 AC/DC/RLY chasis 6ES7 212-1BE40-0XB0 versión 4.1, Módulo de entradas y salidas SM1223 DI 16x24VDC/DQ 16xRELAY, Panel táctil de 7" KTP 700 6AV2 123-2GB03-0AX0 y versión 13.0.1.0
- El tipo de comunicación entre el PLC y el Panel táctil es PROFINET basada en estándares IT probados ofreciendo funcionalidad TCP/IP total para transferencia de datos, razón por la que cada dispositivo posee de una dirección IP (Figura 6.2).



Figura 6.2. Configuración de la comunicación entre el PLC y el Panel táctil.

- Para configurar la comunicación entre los dispositivos en el TIA PORTAL V13, se selecciona el dispositivo y dando clic sobre el puerto de comunicación, aparecerá una ventana de configuración, en la pestaña de “Direcciones Ethernet” se presentará la configuración IP del dispositivo (Figura 6.3 y Figura 6.4).



Figura 6.3. (a) Selección del puerto del PLC, (b) Asignación de la dirección IP y Mascara de subred



Figura 6.4. (a) Selección del puerto del Panel Táctil, (b) Asignación de la dirección IP y Mascara de subred

El computador que se conectará al sistema deberá estar en red con el PLC y el panel táctil, para ello será necesario agregar una dirección IP y máscara de subred que pertenezca a la misma red del sistema. Este cambio se lo realiza en el adaptador de red del pc a integrarse (Figura 6.5).

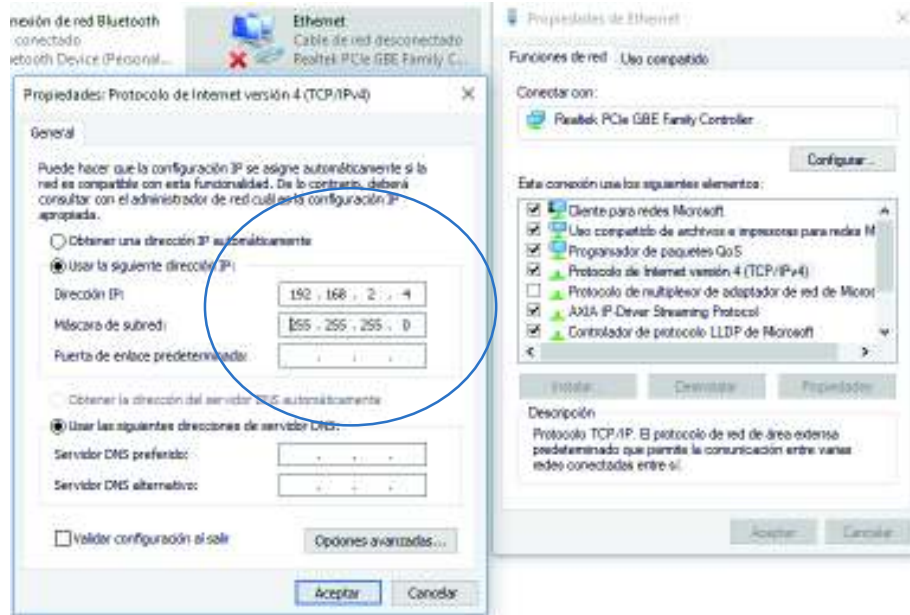


Figura 6.5. Configuración de dirección IP en el adaptador de red del PC.

La configuración para que los dispositivos puedan comunicarse deberá quedar como se muestra en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Asignación de direcciones IP y Mascara a los equipos.

DISPOSITIVO	DIRECCIÓN IP	MASCARA DE SUBRED
PLC S7 – 1200 AC/DC/RLY	192.168.2.3	255.255.255.0
Panel táctil de 7” KTP	192.168.2.4	255.255.255.0
COMPUTADOR	192.168.2.5	255.255.255.0

Cabe recalcar que estas direcciones pueden ser cambiadas, si el sistema se integra a una red diferente, existirá comunicación siempre y cuando los dispositivos pertenezcan al mismo protocolo de red.

2.1. Alimentación del sistema

Sistema Eléctrico

440 VAC, sistema trifásico, 3 Líneas y 1 Neutro

3. CONTROLES DEL OPERADOR

3.1. Panel de control

La centrifugadora se opera a través del tablero de control que dispone de dispositivos de mando ubicados físicamente sobre él, además de un panel táctil (Siemens KTP-700) el cual es usado por el operador para controlar, monitorear y verificar parámetros del sistema de centrifugación como se indica en la Figura 6.6, mediante este se puede tener el control del sistema sea de modo manual o modo automático.

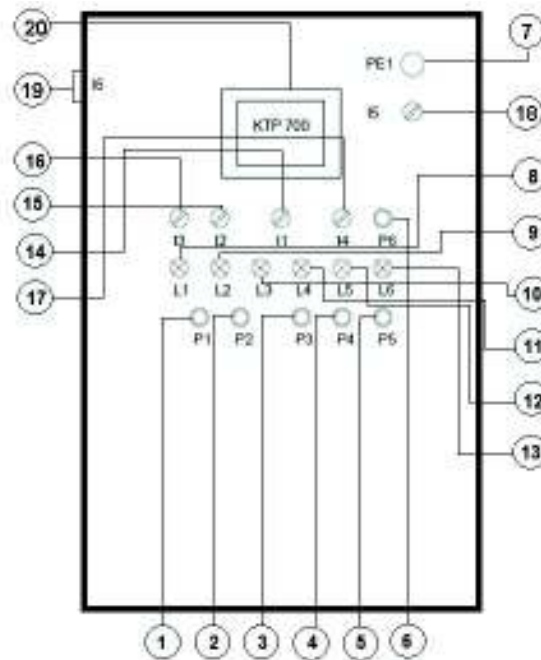


Figura 6.6. Panel de control

En la Tabla 6.2 se detalla todos los elementos situados sobre el panel de control.

Tabla 6.2. Elementos de maniobra y operación.

Nº	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	P1	Pulsador de paro de bomba hidráulica
2	P2	Pulsador de marcha bomba hidráulica
3	P3	Pulsador de rotación reducida
4	P4	Pulsador de rotación elevada
5	P5	Pulsador de ciclo
6	P6	Pulsador de lavado
7	PE	Pulsador de paro de emergencia con retención
8	L1	Luz piloto de motor hidráulico apagado
9	L2	Luz piloto de arranque en y
10	L3	Luz piloto de cambio a delta
11	L4	Luz piloto de rotación baja
12	L5	Luz piloto de rotación alta

Nº	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
13	L6	Luz piloto de ciclo de rascador
14	I1	Interruptor de selección de modo manual-automático
15	I2	Interruptor de carga de producto
16	I3	Interruptor de válvulas de operación normal y frenado
17	I4	Interruptor de lavado de producto (drive)
18	I5	Selector de 3 posiciones, abrir-cerrar tapa
19	I6	Interruptor trifásico de alimentación del tablero eléctrico
20		Panel táctil Siemens KTP-700

3.2. Operación del panel táctil Siemens KTP-700

Al encender el sistema se enciende el Panel táctil, mostrando un menú con 4 opciones a escoger como se aprecia en la Figura 6.7.



Figura 6.7. Pantalla principal del panel táctil

Al seleccionar la opción “PROCESO” (Figura 6.8) en la pantalla se permite el acceso al control del sistema de centrifugación, donde se presenta los siguientes parámetros los cuales son la posición del rascador hidráulico y la posición de la tapa, también presenta las alarmas de falla en los relés térmicos de los motores, vibración excesiva y si el paro de emergencia ha sido pulsado. Permite maniobrar el estado de las Válvula A y Válvula B que son las que permiten la operación normal o frenado de la canasta.



Figura 6.8. Pantalla de “PROCESO”.

Operación automática

En la ventana de “PROCESO” se permite seleccionar tres botones, “Operación Automática” u “Operación Manual”. Al presionar “Operación Automática” aparece la ventana mostrada en la Figura 6.9 y se puede observar los mandos para iniciar el proceso en modo automático, presenta las mismas alarmas mencionadas en la ventana de “PROCESO” pero añade una alarma extra que indica un posible fallo de energía de nominado “Fallo Energía”, e integra los requerimientos de configuración de los tiempos (valor en minutos) de carga, lavado de producto, secado y lavado de la canasta, indicando el rango posible de tiempo a ingresar.

Posee de 4 botones, Nuevo Proceso, Autoconectar, Desconectar, Restablecer Memoria.

- Se usa el botón Nuevo Proceso, cuando se procede a crear un nuevo proceso con la configuración de los tiempos. Es necesario saber los tiempos de operación para que puedan ser ingresados mediante el panel táctil, para luego pasar a supervisión en donde se da inicio al proceso y poder visualizar el cumplimiento de cada etapa. Si se ingresan de forma errónea los tiempos de operación hay la posibilidad de corregirlo pulsando nuevamente el botón “Nuevo proceso”.
- El Botón Autoconectar se lo ejecuta para dar inicio al proceso, cuando ya se han ingresado de forma satisfactoria los tiempos parciales de cada etapa.
- El Botón Desconectar, detiene por completo el proceso. Si durante la ejecución del proceso el operador detecta un fallo, como vibración excesiva, fugas en tuberías o bridas, al pulsarse el botón el sistema procede a detener el proceso.

- El Botón Restablecer Memoria, permite que se borren los estados almacenados en la memoria remanente del PLC de cada etapa cumplida.



Figura 6.9. Pantalla Operación Automática.

La pantalla de “Operación Automática” posee el botón de “Supervisión” mediante el cual se accede a la ventana de supervisión del proceso (Figura 6.10). Se presentará una alarma visual (Luz piloto) por cada etapa concluida del proceso las cuales son carga, lavado de producto, secado, descarga y lavado de canasta. Además integra las alarmas de falla de relés térmicos y vibración excesiva.

En este panel se observa el nivel de ácido acético y la velocidad en RPM a la que gira la canasta de la centrifugadora. Para la Operación Automática se requiere mayor jerarquía industrial, por lo que se debe conocer bien el modo de operación de los equipos, para que no existan problemas durante la operación del sistema de centrifugación.

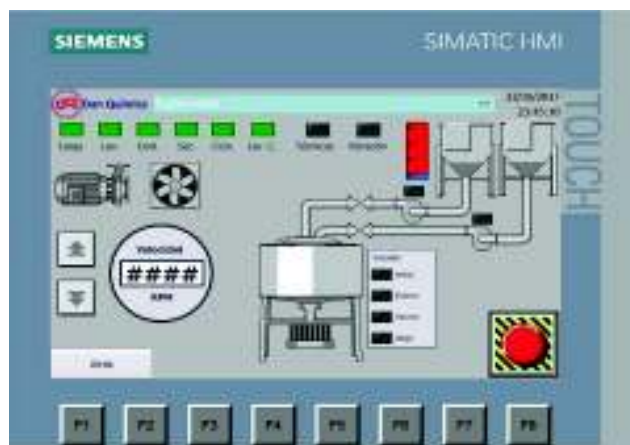


Figura 6.10. Pantalla de Supervisión del proceso.

Operación manual

Al presionar “Operación Manual” en la venta “Proceso” aparece la ventana de la Figura 6.11 y se visualiza los controles para el control manual del proceso de centrifugado, en este modo se puede apreciar el estado de las alarmas, de igual manera si han encendido la bomba hidráulica, bomba para carga o boba para lavado. Posee un indicador de la velocidad de rotación de la canasta de la centrifuga, indicador de nivel de ácido acético. También tiene la opción de realizar múltiples ciclos con el rascador hidráulico, este parámetro deberá ser ingresado a conveniencia del Operador (Por lo general no se sobrepasa los dos ciclos), también se puede visualizar las posiciones por las que va la pala del rascador durante su ciclo así como también la posición inicial.

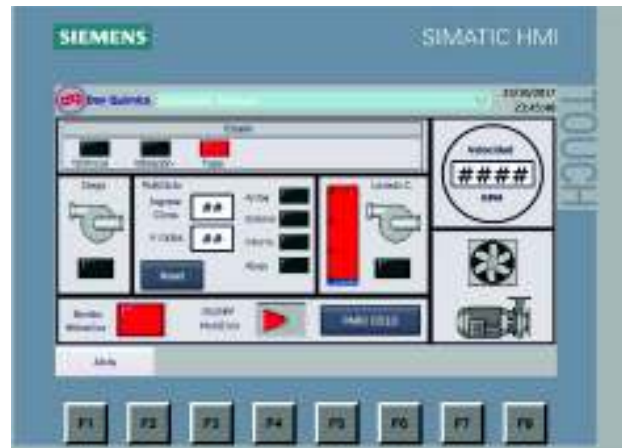


Figura 6.11. Pantalla Operación Manual

Diagnóstico

Ante fallas en el proceso de operación de la centrifugadora, existe una pantalla de “DIAGNOSTICO” (Figura 6.12) a la cual se puede acceder desde la pantalla principal, donde se puede saber el estado de las entradas y salidas del sistema automático PLC, y mediante la interpretación de estas diagnosticar si existe un fallo ya sea en el PLC, o en el cableado. Adicionalmente en esta pantalla se realiza el reseteo a las alarmas, por activación de relés térmicos o por vibración excesiva.



Figura 6.12. Pantalla de Diagnostico.



Figura 6.13. Pantalla para diagnóstico en las entradas.

Con el acceso a “Estado de entradas” (Figura 6.13), se puede observar cada una de las entradas del PLC y del módulo de extensión, así como también la asignación de los dispositivos a cada una de las entradas.

En la ventana “Estado salidas” (Figura 6.14) se puede visualizar las salidas del PLC y del módulo de extensión, con sus respectivos dispositivos asignados, se puede realizar el control de los actuadores haciendo uso del panel táctil pulsando los botones.



Figura 6.14. Pantalla para diagnóstico en las salidas.

4. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CENTRIFUGACIÓN

Se debe cumplir con ciertos parámetros de seguridad antes de entrar en modo de mantenimiento.

- Desconectar el suministro eléctrico principal a la centrifugadora
- Desconectar el seccionador del tablero de control.
- Pulsar el botón de Paro de Emergencia del tablero

4.1. Mantenimiento preventivo

Se recomienda que al menos luego de producir cada lote se realice el siguiente mantenimiento preventivo indicado en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3. Mantenimiento preventivo

	Actividades	Equipos	Rep.	Acción de Mantenimiento	Período
1	Revisar el desgaste de piezas mecánicas	Sistema Mecánico	2	Revisar los rodamientos	trimestral
2	Limpiar canasta de la centrifuga	Tanque de la centrifuga	1	Revisar que no exista impedimento al girar	diario
3	Revisar Bandas De la canasta	Bandas de la canasta	1	Revisar que no exista ruptura	mensual

4	Medición de Aceite	Sistema Hidráulico	1	Revisar que el aceite este en el nivel correcto	mensual
5	Revisar las bridas de conexión del producto	Sistema de tuberías	1	Revisar que no existan fugas, ni material solidificado	mensual
6	Verificación de Mangueras Hidráulicas	Bomba Hidráulica	1	Revisar que no exista fugas, y que el manómetro mida la presión correcta	mensual
7	Conexión del tablero de control	Panel de control	1	Verificar la correcta comunicación del plc con el panel táctil	diario
8	Posiciones del rascador	Rascador	1	Verificar el rascador haga su ciclo,	diario
9	Verificación de finales de carrera.	Finales de carrera	1	Verificar que enciendan las alarmas de velocidad baja y alta	mensual
10	Verificar la medición de nivel de ácido acético.	Sistema de medición de nivel	1	Verificar manualmente que el nivel indicado en la pantalla sea el nivel del tanque de ácido acético	semanal

5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

5.1. Fallas en el encendido o puesta en marcha del proceso

- Revisar la alimentación principal en el tablero de control, medir con un voltímetro que el voltaje en los terminales de interruptor de seccionamiento sea el correcto.
- Revisar los fusibles de protección situados al interior del tablero, medir continuidad y en caso de avería reponerlos por unos de iguales características.
- Revisar que el botón de paro de emergencia no este enclavado.
- Revisar en el tablero de control que ningún relé térmico este activado.

5.2. El sistema no responde a las acciones realizadas en el HMI

- Revisar que el cable de comunicación entre el PLC y la Pantalla esté conectado correctamente.
- Ingresar a la pantalla de “DIAGNÓSTICO” y confirmar que se realicen las acciones esperadas al accionar un mando es decir verificar las entradas en “Diagnóstico entradas”.
- Reiniciar el sistema.

5.3. La canasta de la centrifugadora no se mueve

- Revisar que la presión de aceite sea la correcta.
- Revisar que no exista alguna obstrucción en el interior de la canasta.
- Revisar que el servomotor ubicado en la parte inferior de la centrifugadora realice su operación al pulsar los mandos en el tablero de control.

5.4. El Rascador no inicia su ciclo

- Revisar que la presión de aceite sea la correcta.
- Revisar que el rascador este en su posición inicial (pala en la posición superior y externa), caso contrario reajustarlo ingresando al menú “DIAGNOSTICO” - “Estado salidas”.

5.5. La centrifuga no indica la velocidad alta o baja

- Verificar las luces indicadoras no estén averiadas.
- Verificar que los finales de carrera FC-0 y FC-2 estén activándose.

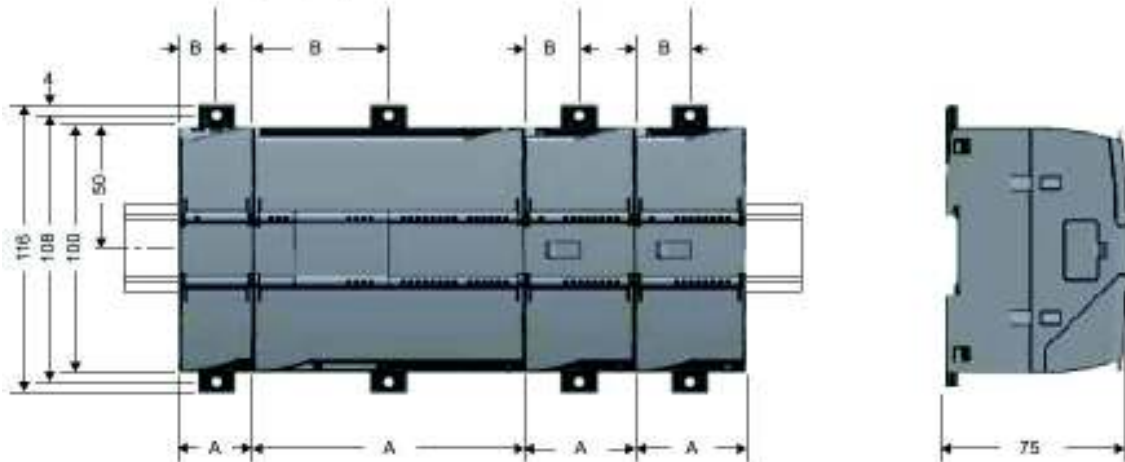
ANEXO II. PLANOS DE LA CENTRIFUGADORA

Los planos del sistema desarrollado no se incluyen en este documento ya que son información sensible de la empresa, pero esta información fue entregada a DAN QUIMICA C. A.

ANEXO III. DISPOSITIVOS Y EQUIPOS

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE PLC S7-1200

Dimensiones de montaje (mm)



Dispositivos S7-1200		Ancho A	Ancho B
CPU's:	CPU 1211C y CPU 1212C	90 mm	45 mm
	CPU 1214C	110 mm	55 mm
Módulos de señales:	8 y 16 E/S, DC y relé (8I, 16I, 8Q, 16Q, 8I/8Q)	45 mm	22,5 mm
	Analógicos (4AI, 8AI, 4AI/4AQ, 2AQ, 4AQ)		
	16I/16Q relé (16I/16Q)	70 mm	35 mm
Módulos de comunicación:	CM 1241 RS232 y CM 1241 RS485	30 mm	15 mm

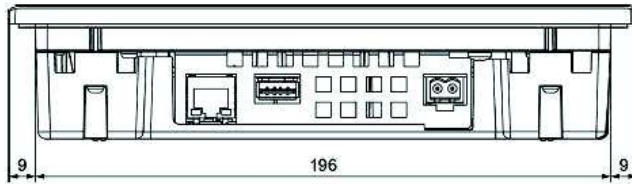
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BD30-0XB0	6ES7 212-1HD30-0XB0	6ES7 212-1AD30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75		
Peso	425 gramos	385 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
Características de la CPU			
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo / 1 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	8 entradas/8 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	4 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 1 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 1 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	8		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	8 ascendentes y 8 descendentes (12 y 12 con Signal Board opcional)		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días tip./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
Rendimiento			
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de transferencia de palabras	12 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		
Fuente de alimentación			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	—	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	1200 mA a 24 V DC	
Corriente de inyección (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		

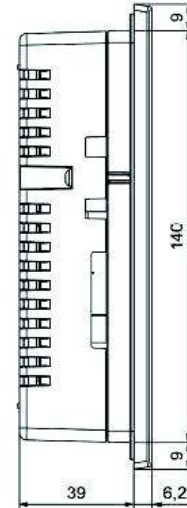
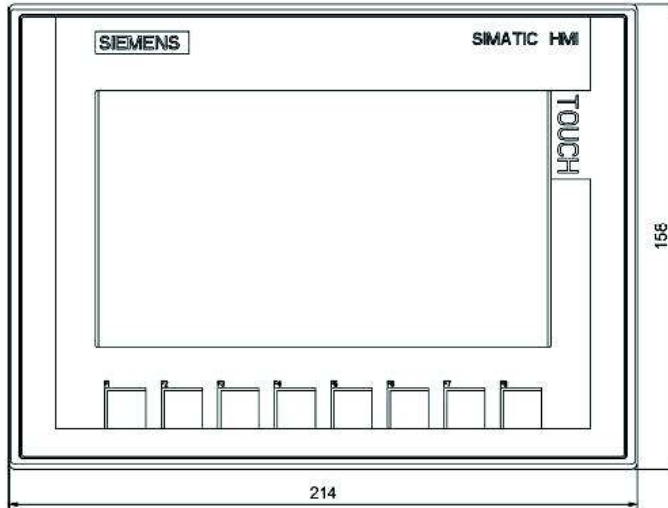
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Fuente de alimentación			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	1200 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta		
Alimentación de sensores			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	300 mA (protegido contra cortocircuito)		
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada	
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento		
Entradas digitales			
Número de entradas	8		
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)		
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal		
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.		
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA		
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA		
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto		
Grupos de aislamiento	1		
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)		
Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 30 KHz (Ia.6 a Ia.7) Fase en cuadratura: 80 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 20 KHz (Ia.6 a Ia.7)		
Número de entradas ON simultáneamente	8		
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC		
Entradas analógicas			
Número de entradas	2		
Tipo	Tensión (asimétrica)		
Rango	0 a 10 V		
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346))		
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346))		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Fuente de alimentación			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	1200 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta		
Alimentación de sensores			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	300 mA (protegido contra cortocircuito)		
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada	
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento		
Entradas digitales			
Número de entradas	8		
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)		
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal		
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.		
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA		
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA		
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto		
Grupos de aislamiento	1		
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)		
Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 30 KHz (Ia.6 a Ia.7) Fase en cuadratura: 80 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 20 KHz (Ia.6 a Ia.7)		
Número de entradas ON simultáneamente	8		
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC		
Entradas analógicas			
Número de entradas	2		
Tipo	Tensión (asimétrica)		
Rango	0 a 10 V		
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346))		
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346))		

PANTALLA TACTIL SIEMENS KTP-700



Todas las dimensiones en mm



Datos técnicos

Fuente de alimentación

Tensión nominal	Margen de tolerancia
+24 V DC	19,2 ... 28,8 V (-20 %, +20 %)

KTP400 Basic, KTP700 Basic y KTP700 Basic DP

Peso

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
Peso sin embalaje	aprox. 360 g	aprox. 780 g	aprox. 800 g

Pantalla

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
Tipo	LCD-TFT		
Área activa de la pantalla	95 x 53,9 mm (4,3")	154,1 x 85,9 mm (7")	
Resolución	480 x 272 píxeles	800 x 480 píxeles	
Colores representables	16 bits (65536 colores)		
Regulación de brillo	Sí		
Retroiluminación	LED		
Half Brightness Life Time (MTBF ¹)	20.000 h		
Clase de error de píxel según EN ISO 9241-307	II		

Unidad de entrada

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
Tipo	Pantalla táctil analógica resistiva		
Teclas de función	4	8	
Tiras rotulables	Sí		

Memoria

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
Memoria de datos	256 MB		
Memoria de programa	512 MB		

Interfaces

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
1 x RS 422/RS 485	-		Máx. 12 Mbits/s
1 x Ethernet RJ45	10/100 Mbits/s		-
USB 2.0	Sí		

Tensión de alimentación

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
Tensión nominal	+24 V DC		
Rango admisible	19,2 ... 28,8 V (-20 %, +20 %)		
Transitorios, máximo admisible	35 V (500 ms)		
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s		
Consumo			
• Típico	aprox. 125 mA	aprox. 230 mA	aprox. 230 mA
• Corriente continua máx.	aprox. 310 mA	aprox. 440 mA	aprox. 500 mA
• Corriente transitoria de conexión I ² t	aprox. 0,2 A ² s	aprox. 0,2 A ² s	aprox. 0,2 A ² s
Fusible interno	electrónico		

Otros componentes

	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP
Reloj en tiempo real respaldado ¹ , sincronizable	Sí		
Respuesta acústica	Sí		

MODULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES SM 1223

Datos técnicos del módulo de entradas/salidas digitales V DC SM 1223

Tabla 1 Especificaciones generales

Modelo	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x relé	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x 24 V DC	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x 24 V DC
Referencia	6ES7 223-1PH32-0XB0	6ES7 223-1PL32-0XB0	6ES7 223-1BH32-0XB0	6ES7 223-1BL32-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75
Peso	230 gramos	350 gramos	210 gramos	310 gramos
Disipación de potencia	5,5 W	10 W	2,5 W	4,5 W
Consumo de corriente (bus SM)	145 mA	180 mA	145 mA	185 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada 11 mA/bobina de relé utilizada		150 mA	200 mA

Tabla 2 Entradas digitales

Modelo	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x relé	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x 24 V DC	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x 24 V DC
Número de entradas	8	16	8	16
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)			
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal			
Tensión continua admisible	30 V DC máx.			
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 s			
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA			
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA			
Aislamiento (de campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto			
Grupos de aislamiento	2	2	2	2
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms, seleccionable en grupos de 4			
Número de entradas ON simultáneamente	8	<ul style="list-style-type: none"> • 8 (no adyacentes) a 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical • 16 a 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical 	8	16
Longitud de cable (metros)	500 m apantallado, 300 m no apantallado			

Tabla 3 Salidas digitales

Modelo	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x relé	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé	SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x 24 V DC	SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x 24 V DC
Número de salidas	8	16	8	16
Tipo	Relé, contacto seco		Estado sólido MOSFET (fuente)	
Rango de tensión	5 a 30 V DC o 5 a 250 V AC		De 20,4 a 28,8 V DC	
Señal 1 lógica a intensidad máx.	-		20 V DC mín.	
Señal 0 lógica con carga de 10 K Ω	-		0,1 V DC, máx.	
Intensidad (máx.)	2,0 A		0,5 A	
Carga de lámparas	30 W DC / 200 W AC		5 W	
Resistencia en estado ON (contactos)	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)		0,6 Ω máx.	
Corriente de fuga por salida	-		10 μ A máx.	
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos		8 A durante máx. 100 ms	
Protección contra sobrecargas	No			
Aislamiento (de campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)		500 V AC durante 1 minuto	
Resistencia de aislamiento	100 M Ω mín. si son nuevas		-	
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto		-	
Grupos de aislamiento	2	4	1	1
Intensidad por neutro	10A	8 A	4 A	8 A
Tensión de bloqueo inductiva	-		L+ menos 48 V, disipación de 1 W	
Retardo de conmutación	10 ms máx.		50 μ s máx. OFF a ON 200 μ s máx. ON a OFF	
Frecuencia máxima de conmutación de relé	1 Hz		-	
Vida útil mecánica (sin carga)	10 000 000 ciclos apertura/cierre		-	
Vida útil de los contactos bajo carga nominal (contacto NA)	100 000 ciclos apertura/cierre		-	
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)			
Número de salidas ON simultáneamente	8	<ul style="list-style-type: none"> • 8 (no adyacentes) a 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical • 16 a 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical 	8	16
Longitud de cable (metros)	500 m apantallado, 150 m no apantallado			

Tabla 4 Diagramas de cableado de los SM de entradas digitales V DC/salidas digitales de relé

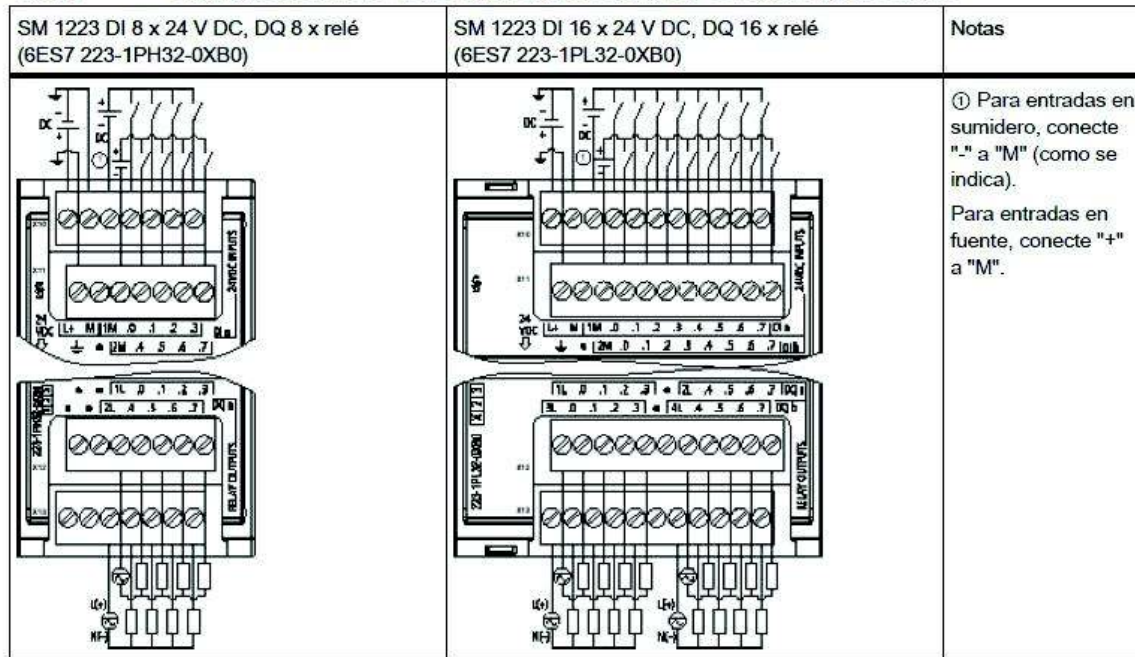


Tabla 5 Asignación de pines de conectores para SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x relé (6ES7 223-1PH32-0XB0)

Pin	X10	X11	X12	X13
1	L+ / 24 V DC	GND	Sin conexión	Sin conexión
2	M / 24 V DC	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
3	1M	2M	1L	2L
4	DI a.0	DI a.4	DQ a.0	DQ a.4
5	DI a.1	DI a.5	DQ a.1	DQ a.5
6	DI a.2	DI a.6	DQ a.2	DQ a.6
7	DI a.3	DI a.7	DQ a.3	DQ a.7

Tabla 6 Asignación de pines de conectores para SM 1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé (6ES7 223-1PL32-0XB0)

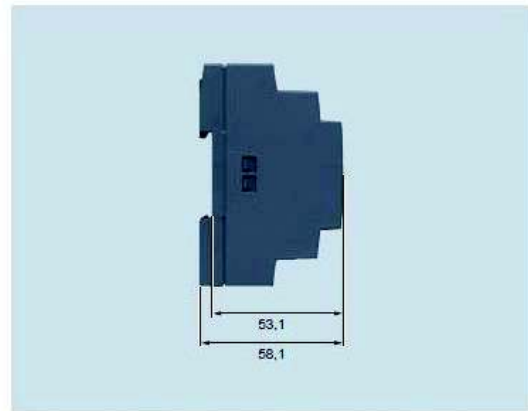
Pin	X10	X11	X12	X13
1	L+ / 24 V DC	GND	1L	3L
2	M / 24 V DC	Sin conexión	DQ a.0	DQ b.0
3	1M	2M	DQ a.1	DQ b.1
4	DI a.0	DI b.0	DQ a.2	DQ b.2
5	DI a.1	DI b.1	DQ a.3	DQ b.3
6	DI a.2	DI b.2	Sin conexión	Sin conexión
7	DI a.3	DI b.3	2L	4L
8	DI a.4	DI b.4	DQ a.4	DQ b.4
9	DI a.5	DI b.5	DQ a.5	DQ b.5
10	DI a.6	DI b.6	DQ a.6	DQ b.6
11	DI a.7	DI b.7	DQ a.7	DQ b.7

FUENTE LOGO POWER!

© Siemens AG 2017



72 x 90



Profundidad de las fuentes LOGO!Power hasta el plano frontal del perfil DIN y en total

LOGO!Power 15 V		LOGO!Power 24 V			
15 V/1,9 A	15 V/4 A	24 V/0,6 A	24 V/1,3 A	24 V/2,5 A	24 V/4 A
6EP3321-6SB10-0AY0	6EP3322-6SB10-0AY0	6EP3330-6SB00-0AY0	6EP3331-6SB00-0AY0	6EP3332-6SB00-0AY0	6EP3333-6SB00-0AY0
100 – 240 V AC		100 – 240 V AC			
85 ... 264 V AC/110 ... 300 V DC		85 ... 264 V AC/110 ... 300 V DC			
> 40 ms (con 187 V)		> 40 ms (con 187 V)			
50/60 Hz		50/60 Hz			
0,63–0,33 A	1,24–0,68 A	0,3–0,2 A	0,70–0,35 A	1,22–0,66 A	1,95–0,97 A
< 25 A	< 55 A	< 20 A	< 25 A	< 52 A	< 31 A
a partir de 6 A, curva B; a partir de 2 A, curva C	a partir de 10 A, curva B; a partir de 6 A, curva C	a partir de 6 A, curva B; a partir de 2 A, curva C		a partir de 10 A, curva B; a partir de 6 A, curva C	
15 V DC		24 V DC			
± 3 %		± 3 %			
10,5 ... 16,1 V DC		ninguno	22,2 ... 26,4 V DC		
1,9 A	4,0 A	0,6 A	1,3 A	2,5 A	4,0 A
83%	88%	81%	86%	90%	89%
< 0,3 W	< 0,3 W	< 0,3 W	< 0,3 W	< 0,3 W	< 0,3 W
sí, 2 unidades		sí, 2 unidades			
sí, pasando a intensidad constante		sí, pasando a intensidad constante			
Clase B		Clase B			
no aplicable		no aplicable			
IP20		IP20			
-25 ... +70 °C		-25 ... +70 °C			
36 x 90 x 53	54 x 90 x 53	18 x 90 x 53	36 x 90 x 53	54 x 90 x 53	72 x 90 x 53
0,12 kg	0,2 kg	0,07 kg	0,12 kg	0,2 kg	0,29 kg
CE, CB Scheme, cULus, cURus, NEC Class 2, ATEX, IECEx, Class 1 Div 2, FM, DNV GL, BV, LRS, ABS, EAC		CE, CB Scheme, cULus, cURus, NEC Class 2, ATEX, IECEx, Class 1 Div 2, FM, DNV GL, BV, LRS, ABS, SEMI F47, EAC			CE, CB Scheme, cULus, cURus, ATEX, IECEx, Class 1 Div 2, FM, DNV GL, BV, LRS, ABS, SEMI F47, EAC

SENSOR ULTRASONICO MAX-SONAR-EZ

LV-MaxSonar® - EZ™ Series

LV-MaxSonar® -EZ™ Series High Performance Sonar Range Finder MB1000, MB1010, MB1020, MB1030, MB1040²



With 2.5V - 5.5V power the LV-MaxSonar-EZ provides very short to long-range detection and ranging in a very small package. The LV-MaxSonar-EZ detects objects from 0-inches to 254-inches (6.45-meters) and provides sonar range information from 6-inches out to 254-inches with 1-inch resolution. Objects from 0-inches to 6-inches typically range as 6-inches¹. The interface output formats included are pulse width output, analog voltage output, and RS232 serial output. Factory calibration and testing is completed with a flat object. ¹See Close Range Operation

Features

- Continuously variable gain for control and side lobe suppression
- Object detection to zero range objects
- 2.5V to 5.5V supply with 2mA typical current draw
- Readings can occur up to every 50mS, (20-Hz rate)
- Free run operation can continually measure and output range information
- Triggered operation provides the range reading as desired
- Interfaces are active simultaneously
- Serial, 0 to Vcc, 9600 Baud, 81N
- Analog, (Vcc/512) / inch
- Pulse width, (147µS/inch)
- Learns ringdown pattern when commanded to start ranging
- Designed for protected indoor environments

- Sensor operates at 42KHz
- High output square wave sensor drive (double Vcc)
- Actual operating temperature range from -40°C to +65°C, Recommended operating temperature range from 0°C to +60°C²

Benefits

- Very low cost ultrasonic rangefinder
- Reliable and stable range data
- Quality beam characteristics
- Mounting holes provided on the circuit board
- Very low power ranger, excellent for multiple sensor or battery-based systems
- Fast measurement cycles
- Sensor reports the range reading directly and frees up user processor
- Choose one of three sensor outputs
- Triggered externally or internally

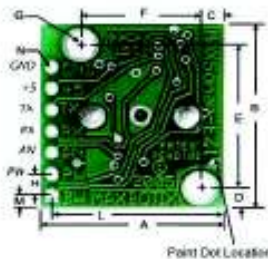
Applications and Uses

- UAV blimps, micro planes and some helicopters
- Bin level measurement
- Proximity zone detection
- People detection
- Robot ranging sensor
- Autonomous navigation
- Multi-sensor arrays
- Distance measuring
- Long range object detection
- Wide beam sensitivity

Notes:

- ¹Please reference page 4 for minimum operating voltage verses temperature information.
- ²Please reference page 12 for part number key.

LV-MaxSonar-EZ Mechanical Dimensions



A	0.785"	19.9 mm	H	0.100"	2.54 mm
B	0.870"	22.1 mm	J	0.810"	15.5 mm
C	0.100"	2.54 mm	K	0.845"	16.4 mm
D	0.100"	2.54 mm	L	0.735"	18.7 mm
E	0.670"	17.0 mm	M	0.065"	1.7 mm
F	0.510"	12.6 mm	N	0.038" dia	1.0 mm dia
G	0.124" dia	3.1 mm dia	weight, 4.3 grams		
Part Number	MB1000	MB1010	MB1020	MB1030	MB1040
Paint Dot Color	Black	Brown	Red	Orange	Yellow



Close Range Operation

Applications requiring 100% reading-to-reading reliability should not use MaxSonar sensors at a distance closer than 6 inches. Although most users find MaxSonar sensors to work reliably from 0 to 6 inches for detecting objects in many applications, MaxBotix® Inc. does not guarantee operational reliability for objects closer than the minimum reported distance. Because of ultrasonic physics, these sensors are unable to achieve 100% reliability at close distances.

Warning: Personal Safety Applications

We do not recommend or endorse this product be used as a component in any personal safety applications. This product is not designed, intended or authorized for such use. These sensors and controls do not include the self-checking redundant circuitry needed for such use. Such unauthorized use may create a failure of the MaxBotix® Inc. product which may result in personal injury or death. MaxBotix® Inc. will not be held liable for unauthorized use of this component.

About Ultrasonic Sensors

Our ultrasonic sensors are in air, non-contact object detection and ranging sensors that detect objects within an area. These sensors are not affected by the color or other visual characteristics of the detected object. Ultrasonic sensors use high frequency sound to detect and localize objects in a variety of environments. Ultrasonic sensors measure the time of flight for sound that has been transmitted to and reflected back from nearby objects. Based upon the time of flight, the sensor then outputs a range reading.

Pin Out Description

- Pin 1-BW**-*Leave open or hold low for serial output on the TX output. When BW pin is held high the TX output sends a pulse (instead of serial data), suitable for low noise chaining.
- Pin 2-PW**- This pin outputs a pulse width representation of range. The distance can be calculated using the scale factor of 147uS per inch.
- Pin 3-AN**- Outputs analog voltage with a scaling factor of (Vcc/512) per inch. A supply of 5V yields ~9.8mV/in. and 3.3V yields ~6.4mV/in. The output is buffered and corresponds to the most recent range data.
- Pin 4-RX**- This pin is internally pulled high. The LV-MaxSonar-EZ will continually measure range and output if RX data is left unconnected or held high. If held low the sensor will stop ranging. Bring high for 20uS or more to command a range reading.
- Pin 5-TX**- When the *BW is open or held low, the TX output delivers asynchronous serial with an RS232 format, except voltages are 0-Vcc. The output is an ASCII capital "R", followed by three ASCII character digits representing the range in inches up to a maximum of 255, followed by a carriage return (ASCII 13). The baud rate is 9600, 8 bits, no parity, with one stop bit. Although the voltage of 0-Vcc is outside the RS232 standard, most RS232 devices have sufficient margin to read 0-Vcc serial data. If standard voltage level RS232 is desired, invert, and connect an RS232 converter such as a MAX232. When BW pin is held high the TX output sends a single pulse, suitable for low noise chaining, (no serial data)
- Pin 6-+5V- Vcc** - Operates on 2.5V - 5.5V. Recommended current capability of 3mA for 5V, and 2mA for 3V. Please reference page 4 for minimum operating voltage verses temperature information.
- Pin 7-GND**- Return for the DC power supply. GND (& Vcc) must be ripple and noise free for best operation.

Range "0" Location



The range is measured from the front of the transducer.

The LV-MaxSonar-EZ reports the range to distant targets starting from the front of the sensor as shown in the diagram below.

In general, the LV-MaxSonar-EZ will report the range to the leading edge of the closest detectable object. Target detection has been characterized in the sensor beam patterns.

Sensor Minimum Distance

The sensor minimum reported distance is 6-inches (15.2 cm). However, the LV-MaxSonar-EZ will range and report targets to the front sensor face. Large targets closer than 6-inches will typically range as 6-inches.

Sensor Operation from 6-inches to 20-inches

Because of acoustic phase effects in the near field, objects between 6-inches and 20-inches may experience acoustic phase cancellation of the returning waveform resulting in inaccuracies of up to 2-inches. These effects become less prevalent as the target distance increases, and has not been observed past 20-inches.

ANEXO IV. ORDEN DE EMPASTADO